COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 MARS 1880.

PRÉSIDENCE DE M. WURTZ, VICE-PRÉSIDENT.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Maire de Chatillon-sur-Loing** (Loiret) informe l'Académie que, le Conseil municipal de Châtillon-sur-Loing ayant exprimé, à l'unanimité, le vœu qu'une statue fût élevée à A.-C. Becquerel sur une des places publiques de cette ville, où il est né, une souscription publique a été ouverte à cet effet.

Les concitoyens de M. Becquerel veulent consacrer, par l'érection de ce monument, le souvenir de la noble conduite du commandant du génie pendant la guerre d'Espagne et celui des immenses services que l'illustre académicien a rendus aux Sciences, par les travaux et les découvertes qui ont marqué pour toujours sa place dans l'histoire de l'électricité.

M. le Maire de Châtillon-sur-Loing s'adresse avec confiance à l'Académie des Sciences, juge naturel de l'importance de ces découvertes, pour en obtenir l'appui moral qu'il lui appartient de donner à la souscription publique provoquée par le Conseil municipal.

L'Académie accueille cette demande avec la plus vive sympathie, et décide qu'une liste sera ouverte au Secrétariat, où les souscriptions des Sociétés savantes et celles des personnes qui voudront s'associer aux honneurs rendus à la mémoire de notre vénérable confrère seront reçues avec reconnaissance.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le Tome LXXXVIII des *Comptes rendus* (1er semestre 1879) est en distribution au Secrétariat.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques applications des fonctions elliptiques*. Note de M. **Hermite**.

« XXIV. Les fonctions doublement périodiques de seconde espèce avec un pôle simple, qu'on pourrait nommer *unipolaires*, donnent, comme nous l'avons vu, la solution découverte par Jacobi du problème de la rotation d'un corps autour d'un point fixe, lorsqu'il n'y a point de forces accélératrices. Ces mêmes quantités s'offrent encore dans une autre question mécanique importante, la recherche de la figure d'équilibre d'un ressort soumis à des forces quelconques, que je vais traiter succinctement. On sait que Binet a réussi le premier à ramener aux quadratures l'expression des coordonnées de l'élastique, dans le cas le plus général où la courbe est à double courbure (*Comptes rendus*, t. XVIII, p. 1115, et t. XIX, p. 1). Son analyse et ses résultats ont été immédiatement beaucoup simplifiés par Wantzel ([1]), et j'adopterai la marche de l'éminent géomètre en me proposant de conduire la question à son terme et d'obtenir explicitement les coordonnées de la courbe en fonction de l'arc. Mais d'abord je crois devoir considérer le cas particulier où l'élastique est supposée plane et où l'on a, en désignant l'arc par s (*Mécanique* de Poisson, t. I, p. 598),

$$ds = \frac{2c^2\,dx}{\sqrt{4c^4 - (2ax - x^2)^2}}, \quad dy = \frac{(2ax - x^2)\,dx}{\sqrt{4c^4 - (2ax - x^2)^2}}.$$

» Soit alors

$$x = a - \sqrt{2c^2 + a^2}\sqrt{1 - \mathrm{X}^2}, \quad k^2 = \frac{1}{2} + \frac{a^2}{4c^2},$$

on obtient facilement

$$ds = \frac{c\,d\mathrm{X}}{\sqrt{(1-\mathrm{X}^2)(1-k^2\mathrm{X}^2)}},$$

de sorte qu'on peut prendre $\mathrm{X} = \operatorname{sn}\left(\frac{s - s_0}{c}\right)$, s_0 étant une constante arbitraire. Mais il est préférable de faire $\mathrm{X} = \operatorname{sn}\left(\frac{s-s_0}{c} + \mathrm{K}\right)$; nous parvien-

---

([1]) Wantzel, enlevé à la Science par une mort prématurée à l'âge de trente-sept ans, en 1849, a laissé d'excellents travaux, parmi lesquels un Mémoire extrêmement remarquable sur les nombres incommensurables, publié dans le *Journal de l'École Polytechnique* (t. XV, p. 151), et une Note sur l'intégration des équations de la courbe élastique à double courbure (*Comptes rendus*, t. XVIII, p. 1197).

drons ainsi à des expressions mieux appropriées au cas important qui a été considéré par Poisson, où c est supposé une ligne dont la longueur est très grande par rapport à a, s et x. En premier lieu, les formules

$$\operatorname{cn}(z+\mathrm{K}) = -k'\frac{\operatorname{sn} z}{\operatorname{dn} z}, \quad k^2 = \frac{1}{2} - \frac{a^2}{4c^2}$$

donnent, pour l'abscisse,

$$x = a + \frac{\sqrt{4c^4 - a^4}}{2c}\,\frac{\operatorname{sn}\left(\dfrac{s-s_0}{c}\right)}{\operatorname{dn}\left(\dfrac{s-s_0}{c}\right)}.$$

» La valeur de l'ordonnée, à savoir

$$2c^2 y = \int (2ax - x^2)\,ds = \int \left[a^2 - (2c^2 + a^2)\operatorname{cn}^2\left(\frac{s-s_0}{c} + \mathrm{K}\right)\right] ds,$$

s'obtient ensuite immédiatement en employant la relation

$$\int_0^z k^2 \operatorname{cn}^2(z+\mathrm{K})\,dz = k^2 z + \mathrm{D}_z \log \mathrm{Al}(z)_3.$$

» Or ces formules conduisent comme il suit aux développements de x et y suivant les puissances décroissantes de c. J'emploie à cet effet la série

$$\frac{\operatorname{sn} z}{\operatorname{dn} z} = z + \frac{k^2 - k'^2}{6} z^3 + \frac{1 - 16k^2k'^2}{120} z^5 + \ldots,$$

et je remarque qu'en désignant par $\mathrm{F}_n(k)$ le coefficient de z^{2n+1}, qui est un polynôme de degré n en k^2, on a la relation suivante :

$$\mathrm{F}_n(k') = (-1)^n \mathrm{F}_n(k).$$

Nous en concluons facilement pour n pair l'expression

$$\mathrm{F}_n(k) = \alpha_0 + \alpha_1 (kk')^2 + \alpha_2 (kk')^4 + \ldots + \alpha_{\frac{1}{2}n} (kk')^n,$$

et pour n impair,

$$\mathrm{F}_n(k) = (k^2 - k'^2)\left[\beta_0 + \beta_1 (kk')^2 + \ldots + \beta_{\frac{n-1}{2}} (kk')^{\frac{n-1}{2}}\right].$$

Cela étant, les formules

$$k^2 k'^2 = \frac{1}{4} - \frac{a^4}{16c^4} \quad \text{et} \quad k^2 - k'^2 = \frac{a^2}{2c^2}$$

montrent que le terme général $\mathrm{F}_n(k) z^{2n+1}$, qui est de l'ordre $\frac{1}{c^{2n+1}}$, lors-

qu'on remplace z par $\frac{s-s_0}{c}$, devient, si l'on suppose n impair, de l'ordre $\frac{1}{c^{2n+3}}$. Nous pourrons donc écrire, en négligeant $\frac{1}{c^8}$ dans la parenthèse,

$$x = a + \frac{\sqrt{4c^4 - a^4}}{2c^2}\left[s - c + \frac{a^2(s-c)^3}{12c^4} - \frac{(s-c)^5}{40c^4}\right].$$

Remplaçons enfin le facteur $\frac{\sqrt{4c^4 - a^4}}{2c^2}$ par $1 - \frac{a^4}{8c^4}$, et prenons $s_0 = a$; il viendra, avec le même ordre d'approximation,

$$x = s - \frac{s-a}{120c^4}[3(s-a)^4 - 10a^2(s-a)^2 + 15a^4].$$

Le développement de $c^2 y$ résulte ensuite de l'équation

$$\int_0^z k^2 \operatorname{cn}^2(z+K)\,dz = \frac{k^2k'^2}{3}z^3 + \frac{k^2k'^2(k^2-k'^2)}{3.5}z^5 + \frac{k^2k'^2(2-17k^2k'^2)}{3.5.7}z^7 + \dots;$$

mettant $\frac{s-a}{c}$ au lieu de z et déterminant la constante amenée par l'intégration de manière qu'on ait $y = 0$ pour $s = a$, on en tire, par un calcul facile,

$$2c^2 y = as^2 - s^3 + \frac{(s-a)^3}{420c^4}[9(s-a)^4 - 14a^2(s-a)^2 + 140a^4].$$

Le second membre, dans cette expression de l'ordonnée, est exact aux termes près de l'ordre $\frac{1}{c^8}$, comme la valeur trouvée pour l'abscisse.

» XXV. Les équations différentielles de l'élastique, dans le cas le plus général où la courbe est à double courbure, se ramènent par un choix convenable de coordonnées, comme l'a remarqué Wantzel, à la forme suivante,

$$y'z'' - y''z' = \alpha x' + \beta y,$$
$$z'x'' - z''x' = \alpha y' - \beta x,$$
$$x'y'' - x''y' = \alpha z' + \gamma,$$

où $x', y', z', x'', y'', z''$ désignent les dérivées par rapport à l'arc s de x, y, z et α, β, γ des constantes dont les deux premières sont essentiellement positives.

» Cela étant, j'observerai en premier lieu que, si on les ajoute après les avoir multipliées respectivement, d'abord par x', y', z', puis par x'', y'', z'', on obtient

$$\alpha(x'^2 + y'^2 + z'^2) + \beta(x'y - xy') + \gamma z' = 0,$$
$$\alpha(x'x'' + y'y'' + z'z'') + \beta(x''y - xy'') + \gamma z'' = 0.$$

Or la première de ces relations donne, par la différentiation,

$$2\alpha(x'x''+y'y''+z'z'')+\beta(x''y-xy'')+\gamma z''=0;$$

nous avons donc

$$x'x''+y'y''+z'z''=0,$$

d'où

$$x'^2+y'^2+z'^2=\text{const.},$$

et l'on voit que, en prenant la constante égale à l'unité, on satisfera à la condition que l'arc s soit, comme on l'a admis, la variable indépendante.

» Cela posé, et après avoir écrit les équations précédentes de cette manière,

$$\beta(xy'-x'y)=\gamma z'+\alpha,\quad \beta(xy''-x''y)=\gamma z'',$$

j'en déduis

$$\beta[(xy'-x'y)z''-(xy''-x''y)z']=\alpha z'';$$

mais le premier membre, étant écrit ainsi,

$$\beta[(y'z''-y''z')x+(z'x''-z''x')y],$$

se réduit à

$$\beta[(\alpha x'+\beta y)x+(\alpha y'-\beta x)y]=\alpha\beta(xx'+yy'),$$

de sorte que nous avons

$$\beta(xx'+yy')=z'',$$

puis par l'intégration, en désignant par δ une constante arbitraire,

$$\beta(x^2+y^2)=2(z'-\delta).$$

» Soit maintenant $z'=\zeta$; nous remplacerons le système des équations à intégrer par celles-ci :

$$\beta(x^2+y^2)=2(\zeta-\delta),$$
$$\beta(xx'+yy')=\zeta',$$
$$x'^2+y'^2=1-\zeta^2,$$
$$\beta(xy'-x'y)=\gamma\zeta+\alpha.$$

Or l'identité

$$(x^2+y^2)(x'^2+y'^2)=(xx'+yy')^2+(xy'-x'y)^2$$

donne en premier lieu

$$\zeta'^2=2\beta(\zeta-\delta)(1-\zeta^2)-(\gamma\zeta+\alpha)^2,$$

et l'on trouve ensuite facilement

$$\frac{x'+iy'}{x+iy}=\frac{\zeta'+i(\gamma\zeta+\alpha)}{2(\zeta-\delta)};$$

ces résultats obtenus, les expressions des coordonnées en fonction de l'arc s'en déduisent comme il suit.

» Soient a, b, c les racines de l'équation

$$2\beta(\zeta-\delta)(1-\zeta^2)-(\gamma\zeta+\alpha)^2=0,$$

de sorte qu'on ait

$$\zeta'^2=-2\beta(\zeta-a)(\zeta-b)(\zeta-c).$$

Désignons aussi par ζ_0 une des valeurs de ζ, qu'on doit, d'après la condition $x'^2+y'^2+\zeta^2=1$, supposer comprise entre $+1$ et -1. Le facteur β étant positif, comme nous l'avons dit, le polynôme $2\beta(\zeta-a)(\zeta-b)(\zeta-c)$ sera négatif en faisant $\zeta=\zeta_0$. Mais il prend pour $\zeta=+1$ et $\zeta=-1$ les valeurs positives $(\gamma+\alpha)^2$ et $(\gamma-\alpha)^2$; par conséquent, les racines a, b, c sont réelles, et, si on les suppose rangées par ordre décroissant de grandeur, a sera compris entre $+1$ et ζ_0, b entre ζ_0 et -1, et c entre -1 et $-\infty$. Remarquons aussi que, ayant pour $z=\zeta$ un résultat positif, il est nécessaire que cette constante δ soit supérieure à a ou comprise entre b et c. Mais la relation $x^2+y^2=2(\zeta-\delta)$ montre que la seconde hypothèse est seule possible, car dans la première x^2+y^2 serait négatif. Cela posé, puisque ζ a pour limites a et b, nous ferons

$$\zeta=a-(a-b)U^2;$$

soit encore

$$k^2=\frac{a-b}{a-c},\quad k'^2=\frac{b-c}{a-c},$$

on aura

$$(\zeta-a)(\zeta-b)(\zeta-c)=-(a-b)^2(a-c)U^2(1-U^2)(1-k^2U^2),$$

et de l'équation

$$\zeta'^2=-2\beta(\zeta-a)(\zeta-b)(\zeta-b)$$

nous conclurons

$$U'^2=\frac{(a-c)\beta}{2}(1-U^2)(1-k^2U^2).$$

» Faisons donc $n=\sqrt{\frac{(a-c)\beta}{2}}$; puis, en désignant par s_0 une constante $u=n(s-s_0)$, on aura

$$U=\operatorname{sn}u,\quad \zeta=a-(a-b)\operatorname{sn}^2u,$$

et par conséquent

$$n(z - z_0) = \int_0^u \zeta\, du = \left[a - (a - c)\frac{J}{K}\right]u + (a - c)\frac{\Theta'(u)}{\Theta(u)},$$

z_0 étant la valeur arbitraire de z pour $u = 0$. »

MÉCANIQUE. — *De la compensation des températures dans les chronomètres.* Note de M. PHILLIPS.

« La présente Note se rapporte principalement à cette perturbation connue sous le nom d'*erreur secondaire de la compensation* et signalée dans les termes suivants dans une brochure publiée en 1842 par M. Dent, célèbre horloger anglais : « Un fait curieux a été dégagé et a préoccupé » ceux qui se livrent à la fabrication de ces instruments : c'est qu'un » chronomètre construit d'après le mode généralement reçu, s'il est réglé » pour une température moyenne, retarde aux extrêmes, et inversement, » s'il est réglé aux extrêmes, avance à la température moyenne. » Dans un travail inséré dans le 11e Cahier du *Bulletin du Dépôt des Cartes et Plans de la Marine,* et couronné par l'Académie, M. Caspari confirme ce fait, résultant de très nombreuses observations. Il estime, en moyenne, à au moins deux secondes par vingt-quatre heures cette perturbation à 15° pour des marches égales à 0° et 30°, et à au moins quatre secondes par vingt-quatre heures cette perturbation à 0° ou 30° pour des marches égales à 15° et 30° ou égales à 0° et 15°. Nombre de dispositions, connues sous le nom de *compensations additionnelles,* ont été imaginées pour combattre ce grave inconvénient; mais, à part certains succès isolés ou accidentels, la solution complète et générale de cette question n'a pas encore été obtenue.

» Concevons un chronomètre dont le balancier comprend un nombre quelconque de lames bimétalliques, formées chacune de deux corps métalliques quelconques et dont la construction est d'ailleurs quelconque, sauf que, à la température moyenne, chacune de ces lames est circulaire ou rectiligne. Nous supposerons expressément, dans tout ce qui suivra, que, pour chacune de ces lames, les épaisseurs des deux lames partielles sont en raison inverse des racines carrées des coefficients d'élasticité correspondants.

» Convenons de compter les températures à partir de la température

moyenne. Le spiral étant supposé isochrone, on a, pour cette température,

$$(1) \qquad T = \pi\sqrt{\frac{A}{k}},$$

où T est la durée d'une oscillation simple, A le moment d'inertie du balancier et k le moment total des forces exercées par le spiral sur le balancier pour un écart angulaire de celui-ci égal à l'unité.

» A une autre température et le spiral étant supposé encore isochrone, on a de même

$$(2) \qquad T + \Delta T = \pi\sqrt{\frac{A+\Delta A}{k+\Delta k}} = \pi\sqrt{\frac{A}{k}}\sqrt{\frac{1+\frac{\Delta A}{A}}{1+\frac{\Delta k}{k}}}.$$

» On a donc

$$(3) \qquad \frac{\Delta T}{T} = \left(1+\frac{\Delta A}{A}\right)^{\frac{1}{2}}\left(1+\frac{\Delta k}{k}\right)^{-\frac{1}{2}} - 1$$

ou

$$(4) \qquad \frac{\Delta T}{T} = \left[1+F\left(\frac{\Delta A}{A}\right)\right]\left[1+f\left(\frac{\Delta k}{k}\right)\right] - 1,$$

en désignant par $F\left(\frac{\Delta A}{A}\right)$ une série convergente ordonnée suivant les puissances croissantes de $\frac{\Delta A}{A}$ et nulle pour $\frac{\Delta A}{A} = 0$, et par $f\left(\frac{\Delta k}{k}\right)$ une série convergente ordonnée suivant les puissances croissantes de $\frac{\Delta k}{k}$ et nulle pour $\frac{\Delta k}{k} = 0$.

» Soient $T + \Delta\tau$ la durée d'une oscillation simple, le spiral variant seul avec la température, c'est-à-dire A étant supposé constant et Δk le même que dans l'état réel quand la température varie, et $T + \Delta\tau'$ la durée d'une oscillation simple, le balancier variant seul avec la température, c'est-à-dire k étant supposé constant quand la température varie. L'équation (4) donne

$$(5) \qquad \frac{\Delta\tau}{T} = f\left(\frac{\Delta k}{k}\right)$$

et

$$(6) \qquad \frac{\Delta\tau'}{T} = F\left(\frac{\Delta A}{A}\right).$$

» L'équation (4) peut donc s'écrire

$$\frac{\Delta T}{T} = \left(1 + \frac{\Delta\tau}{T}\right)\left(1 + \frac{\Delta\tau'}{T}\right) - 1$$

ou

$$(7) \qquad \frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta\tau}{T} + \frac{\Delta\tau'}{T} + \frac{\Delta\tau}{T}\,\frac{\Delta\tau'}{T},$$

d'où cette conclusion : *La perturbation réelle est égale à la somme algébrique des perturbations dues au spiral seul et au balancier seul et du produit de ces deux perturbations.*

» Dans un important Mémoire sur le mouvement et la compensation des chronomètres, inséré dans le Tome VII des *Annales de l'Observatoire de Paris,* M. Yvon Villarceau a déterminé la déformation d'une lame bimétallique résultant d'un changement de température. A cet égard, il a donné deux formules générales qui, dans le cas particulier supposé où les épaisseurs des lames partielles sont en raison inverse des racines carrées de leurs coefficients d'élasticité, sont les suivantes :

$$(8) \qquad \frac{1}{r} - \frac{1}{r_0} = \frac{3}{2e}(\gamma'' - \gamma')\theta$$

et

$$(9) \qquad \varepsilon = \left(\frac{e'}{e}\gamma'' + \frac{e''}{e}\gamma'\right)\theta,$$

où θ est la température comptée à partir de la température moyenne;

e l'épaisseur totale de la lame bimétallique;

e' et e'' les épaisseurs respectives des lames partielles la moins et la plus dilatable;

γ' et γ'', respectivement, les premiers coefficients de dilatation linéaire des lames partielles la moins et la plus dilatable;

r_0 le rayon de la surface de séparation des lames partielles à la température moyenne;

r ce rayon à la température θ;

ε l'allongement proportionnel à la surface de séparation des lames partielles.

» Postérieurement au travail de M. Yvon Villarceau, M. Fizeau ayant déterminé, en outre des premiers coefficients de dilatation, les seconds coefficients de dilatation d'un grand nombre de corps, il était tout naturel de tenir compte de ces derniers dans la question qui nous occupe. C'est ce qui se fait sans difficulté, et l'on trouve ainsi, au lieu des formules (8) et (9),

les deux suivantes,

$$(10) \qquad \frac{1}{r} - \frac{1}{r_0} = \frac{3}{2e}[(\gamma'' - \gamma')\theta + (\delta'' - \delta')\theta^2]$$

et

$$(11) \qquad \varepsilon = \left(\frac{e'}{e}\gamma'' + \frac{e''}{e}\gamma'\right)\theta + \left(\frac{e'}{e}\delta'' + \frac{e''}{e}\delta'\right)\theta^2,$$

où δ' et δ'' sont respectivement les seconds coefficients de dilatation linéaire des lames partielles la moins et la plus dilatable.

» On voit que l'équation (11) est de la forme

$$(12) \qquad \varepsilon = \gamma_1\theta + \delta_1\theta^2,$$

γ_1 et δ_1 étant deux coefficients qui ne dépendent que de la nature des deux lames partielles.

» Les formules (8) à (12) ont été établies, il est vrai, sans tenir compte de la variation des coefficients d'élasticité de la lame avec la température, variation dont la loi est inconnue. Il y aurait donc encore, à ce sujet, un complément à introduire, dont l'expérience aurait à fournir les éléments. En tout cas, quoique cette variation ait été forcément négligée, l'expérience a déjà, comme on le verra plus loin, apporté certains faits à l'appui des conclusions finales de ce travail.

» L'équation (10) suppose, ainsi que c'est le cas ordinaire, que le rayon r varie en sens inverse de la température. Si ce rayon variait dans le même sens que la température, le signe de l'un quelconque des deux membres de cette équation devrait être changé. Dans le cas d'une lame bimétallique rectiligne, r_0 est infini et l'équation (10) doit être employée en prenant pour le sens positif de r celui qui a lieu pour une température supérieure à la moyenne.

» La perturbation $\frac{\Delta\tau}{T}$, due au spiral seul, qui est une fonction de la seule variable $\frac{\Delta k}{k}$, peut, en se limitant aux termes du second ordre par rapport à la température, se mettre sous la forme

$$(13) \qquad \frac{\Delta\tau}{T} = N\theta + N'\theta^2,$$

N et N' étant deux coefficients indépendants de la température et dépendant essentiellement de la nature et des dimensions du spiral.

» D'un autre côté, la perturbation $\frac{\Delta\tau'}{T}$, due au balancier seul, est une fonction de la seule variable $\frac{\Delta A}{A}$, et, d'après (6) et (3), on peut, en se limitant aux termes du second ordre par rapport à la température, écrire

$$(14) \qquad \frac{\Delta\tau'}{T} = \frac{1}{2}\frac{\Delta A}{A} - \frac{1}{8}\left(\frac{\Delta A}{A}\right)^2,$$

équation qui montre comment l'on peut obtenir $\frac{\Delta\tau'}{T}$ lorsqu'on a calculé $\frac{\Delta A}{A}$. »

CHIMIE. — *Stabilité chimique de la matière en vibration sonore.* Note de M. BERTHELOT.

« Une multitude de transformations chimiques sont attribuées aujourd'hui à l'énergie de la matière éthérée, animée de ces mouvements vibratoires et autres, qui produisent les phénomènes calorifiques, lumineux, électriques. Cette énergie, communiquée à la matière pondérable, y provoque des décompositions et des combinaisons. En est-il de même des vibrations ordinaires de la matière pondérable, je veux parler des vibrations sonores, qui se transmettent en vertu des lois de l'Acoustique? La question est fort intéressante et touche spécialement l'étude des matières explosives, dont je m'occupe depuis dix ans.

» D'ingénieuses expériences ont été publiées à cet égard par MM. Noble et Abel, ainsi que par MM. Champion et Pellet, et beaucoup de savants admettent que les corps explosifs peuvent détoner sous l'influence de certaines notes musicales, qui les feraient vibrer à l'unisson. Quelque séduisante que soit cette théorie, les résultats obtenus jusqu'ici ne l'établissent cependant pas sans contestation. Les explosions par influence de la dynamite et du coton-poudre s'expliquent plus simplement par l'effet direct du choc propagé par les gaz à de courtes distances, au delà desquelles elles ne se propagent point. Quant à l'iodure d'azote, sujet des principales observations relatives aux explosions par résonance, c'est une poudre tellement sensible au frottement, qu'il est permis de se demander si sa détonation n'a pas lieu par les chocs et frictions des supports, siège véritable de la résonance à l'unisson.

» Il m'a paru utile d'exécuter de nouvelles études, faites sur des gaz et sur des liquides, substances plus convenables qu'une poudre pour

la propagation d'un mouvement vibratoire proprement dit. J'ai choisi, d'ailleurs, des substances décomposables avec dégagement de chaleur, afin de réduire le rôle du mouvement vibratoire à provoquer la réaction, sans l'obliger à en effectuer le travail total en vertu de son énergie propre. Enfin j'ai opéré sur des corps instables, et même à l'état d'une décomposition continue, qu'il s'agissait seulement d'accélérer : ce sont là, je crois, les conditions les plus favorables. Toute la question était de faire résonner la substance en transformation chimique. J'y suis parvenu par deux procédés qui répondent à des vibrations de rapidité fort inégales, savoir :

» 1° Au moyen d'un gros diapason horizontal, mû par un interrupteur électrique, et dont une des branches était chargée avec un flacon de 250^{cc} renfermant le gaz ou le liquide, l'autre branche avec une masse équivalente. La vibration effective du flacon a été vérifiée, ainsi que celle du liquide, manifestée d'ailleurs par les apparences optiques ordinaires. Ce procédé a fourni 100 vibrations simples par seconde environ.

» 2° Au moyen d'un gros tube de verre horizontal, scellé aux deux bouts, jaugeant près de 400^{cc}, long de 60^{cc} et large de 3^{cc}, par exemple, enfin mis en vibration longitudinale par la friction d'une roue horizontale pourvue d'un feutre mouillé. Cet appareil très simple, que M. Kœnig a eu l'obligeance de disposer, exécutait, dans mes essais sur l'ozone, 7200 vibrations simples par seconde, d'après les comparaisons faites par ce savant constructeur.

» L'acuité de cette Note est presque intolérable.

» Voici les résultats observés sur l'ozone, l'hydrogène arsénié, l'acide sulfurique en présence de l'éthylène, l'eau oxygénée, l'acide persulfurique.

» *Ozone*. — L'oxygène employé renfermait des proportions d'ozone telles que 58^{mgr} par litre : richesse facile à assurer avec mes appareils. Avec le diapason (100 vibrations), l'état vibratoire ayant été maintenu pendant une heure et demie, le titre du gaz en ozone est demeuré constant, tant avec l'ozone sec qu'avec l'ozone mis en présence de 10^{cc} d'eau. Celle-ci n'a ni abaissé le titre de l'ozone, ni fourni de l'eau oxygénée (¹).

» Avec le tube et la roue (7200 vibrations), l'état vibratoire étant maintenu pendant une demi-heure, le titre du gaz sec n'a pas varié. Pour préciser, je dirai que, l'absorption de l'ozone étant effectuée après coup par de l'acide arsénieux titré, la diminution du titre a été trouvée équivalente à

(¹) Dans ces essais, il convient de se mettre en garde contre l'alcalinité du verre, qui détruirait rapidement l'ozone. On est surtout exposé à cet accident avec le verre pulvérisé.

171 divisions de permanganate ; tandis que cette diminution était précisément de 171 sur un volume égal du même gaz, analysé avant l'expérience.

» L'ozone est un gaz transformable en oxygène ordinaire avec dégagement de chaleur ($-14^{Cal},8$ pour $Oz = 24^{gr}$) ; il s'est transformé spontanément, d'une manière lente et continue, de façon à passer de 53^{mgr} à 29^{mgr} en vingt-quatre heures, lorsqu'on l'a abandonné à lui-même dans les conditions ci-dessus. Cependant on voit que sa transformation n'a pas été accélérée par un mouvement qui le faisait vibrer 7200 fois par seconde, pendant une demi-heure. Sa décomposition spontanée ne saurait donc être attribuée à ces vibrations sonores, qui traversent incessamment tous les corps de la nature.

» Une telle absence de réaction n'est pas explicable d'ailleurs par une influence inverse; car un tube semblable et rempli d'oxygène pur n'a pas modifié d'une seule division le titre de la solution arsénieuse, après avoir vibré de la même manière et pendant le même temps.

» *Hydrogène arsénié.* — Un mouvement vibratoire analogue, communiqué à un tube rempli de ce gaz, puis scellé, ne l'a pas altéré. Cependant, dans l'espace de vingt-quatre heures, le tube a commencé à se recouvrir d'un enduit d'arsenic métallique; comme le fait d'ailleurs un tube rempli du même gaz et qui n'a subi aucune vibration. Ce gaz se réduit en ses éléments en dégageant $+36^{Cal},7$ d'après M. Ogier; ce qui en explique l'instabilité : on voit qu'elle n'est pas accrue par les vibrations sonores.

» *Éthylène et acide sulfurique.* — J'ai cherché à accélérer par le mouvement vibratoire la combinaison lente de ces deux corps, si facile à réaliser sous l'influence d'une agitation continue et avec le concours des chocs produits par une masse de mercure. Elle est d'ailleurs exothermique.

» Un flacon de 240^{cc} renfermant l'éthylène pur, avec 5^{cc} à 6^{cc} d'acide sulfurique et du mercure, a été mis en vibration au moyen d'un diapason (100 vibrations par seconde) : l'acide vibrait et se pulvérisait à la surface. Cependant, au bout d'une demi-heure, l'absorption du gaz était faible et à peu près la même que dans un flacon pareil, demeuré immobile dans une pièce éloignée.

» Ajoutons ici quelques essais sur l'influence de la compression sur le même système. Cette influence, si efficace sur un mélange d'hydrogène phosphoré et de gaz chlorhydrique dans l'expérience de M. Ogier, a été peu sensible sur l'éthylène comprimé jusqu'à 80^{atm} et liquéfié au contact de l'acide sulfurique monohydraté pendant quelques minutes.

» L'oxyde de carbone a pu aussi être comprimé jusqu'à 400^{atm} et main-

tenu un quart d'heure au contact de solutions concentrées de potasse (dans l'eau et dans l'alcool), sans donner lieu à une absorption sensible. Il est probable cependant que ces réactions seraient accélérées, si l'on prolongeait la compression pendant plusieurs heures. Mais revenons à l'influence du mouvement vibratoire sur la décomposition chimique.

» *Eau oxygénée.* — 10^{cc} d'une solution renfermant $9^{mgr},3$ d'oxygène actif, placés dans un flacon de 250^{cc}, n'ont pas changé de titre, par l'effet du mouvement du diapason (100 vibrations par seconde) soutenu pendant une demi-heure. Cependant le liquide vibrait réellement et il perdait en ce moment $0^{mgr},9$ d'oxygène par vingt-quatre heures. 10^{cc} d'une solution renfermant $6^{mgr},3$ d'oxygène actif, mis en vibration (7200 vibrations) dans un tube de 400^{cc} plein d'air, pendant une demi-heure, ont fourni ensuite $6^{mgr},25$.

» *Acide persulfurique.* — Mêmes résultats. Avec le diapason (100 vibrations), titre initial 13^{mgr}; titre final $12^{mgr},6$. Avec le tube (7200 vibrations), titre initial $3^{mgr},0$; titre final $2^{mgr},8$. L'écart semble surpasser ici un peu la vitesse de décomposition spontanée, vitesse plus grande d'ailleurs qu'avec l'eau oxygénée; mais il ne sort guère des limites d'erreur.

» Les résultats observés sur ces liquides méritent d'autant plus l'attention qu'on aurait pu, *a priori*, assimiler de tels systèmes à des liquides retenant de l'oxygène à l'état de dissolution sursaturée, dissolution que l'agitation et surtout le mouvement vibratoire ramènent à son état normal. En fait, les liqueurs précédentes contiennent bien quelque dose d'oxygène sous cet état, comme il est facile de s'en assurer; mais cette portion d'oxygène n'agit ni sur le permanganate ni sur l'iodure de potassium employés dans les dosages, et elle doit être envisagée à part. En effet, elle n'intervient ici dans aucun équilibre de dissociation, capable d'être influencé par la séparation de l'oxygène de l'eau oxygénée. Il en serait sans doute autrement dans un système à l'état de dissociation, et dont l'équilibre serait maintenu par la présence d'un gaz actuellement dissous; mais alors il ne s'agirait plus d'une influence directe du mouvement vibratoire sur la transformation chimique.

» Les expériences faites sur les gaz, tels que l'ozone et l'hydrogène arsénié, ne sont pas sujettes à cette complication; elles tendent à écarter l'hypothèse d'une influence directe des vibrations sonores, même très rapides, des particules gazeuses sur leur transformation chimique [1].

---

[1] On a dit quelquefois que parmi les chocs incessants et réciproques des particules gazeuses en mouvement dans une enceinte, il en est un certain nombre qui sont suscep-

» En d'autres termes, la matière est stable sous l'influence des vibrations sonores; tandis qu'elle se transforme sous l'influence des vibrations éthérées. Cette diversité dans le mode d'action des deux classes de vibrations n'a rien qui doive surprendre, si l'on considère à quel point les vibrations sonores les plus aiguës sont incomparablement plus lentes que les vibrations lumineuses ou calorifiques. »

THERMOCHIMIE. — *Nouvelles remarques sur la chaleur de formation de l'hydrate de chloral gazeux;* par M. **Berthelot.**

« Voici la troisième fois que notre savant confrère M. Wurtz, sans chercher à justifier de l'exactitude de ses appareils antérieurs, en imagine un nouveau; cependant, cette fois, pas plus que les précédentes, il ne semble s'être préoccupé de la nécessité d'établir un rapport convenable entre la masse de la matière qui échauffe l'enceinte et la masse de la matière qui se combine dans l'espace intérieur, avec un dégagement de chaleur peu considérable et exigeant des précautions spéciales pour être constaté.

» Non seulement la masse de la vapeur d'eau, fournie par deux générateurs dans la caisse de cuivre rouge qui sert d'enceinte à son nouvel instrument, est trop grande par rapport à la masse des deux vapeurs qui se rencontrent dans un espace cylindrique et allongé (forme peu favorable à ce genre d'essais); mais M. Wurtz *a opéré à basse pression*, vers $0^{m},16$ d'après sa Note. Il a ainsi réduit au cinquième environ la masse des vapeurs d'eau et de chloral contenues dans l'unité de volume, et diminué d'autant la sensibilité de son appareil. Si l'on se bornait à admettre une réduction proportionnelle à celle des masses, l'élévation de température tomberait vers 1 à 2 dixièmes de degré, c'est-à-dire vers la limite des erreurs probables. Cette évaluation même paraît excessive; la vitesse de la distillation à basse pression, c'est-à-dire la quantité de matière qui traverse l'appareil dans l'unité de temps, quantité que M. Wurtz ne nous fait pas connaître, est

tibles de porter à des températures très élevées les particules qui les éprouvent. S'il en était réellement ainsi, un mélange d'oxygène et d'hydrogène, éléments combinables vers 500°, devrait se transformer peu à peu en eau; le gaz ammoniac, décomposable vers 800°, devrait se changer lentement en azote et hydrogène, etc. Je n'ai rien observé de semblable sur ces systèmes gazeux, conservés pendant dix années. Si cet effet n'a pas lieu, c'est probablement parce que la perte de force vive de chaque particule gazeuse, envisagée individuellement, et même sa force vive totale demeurent comprises entre certaines limites.

probablement très faible, et le rapport entre les deux vapeurs, qu'il n'a point cherché à régler, bien que ce soit l'élément fondamental de la mesure, demeure tout à fait incertain. Ce n'est pas tout : en effet, la combinaison n'étant pas instantanée, ce que j'ai établi par ailleurs, sa vitesse doit diminuer avec la raréfaction de la matière, conformément à mes recherches sur la formation des éthers dans l'état gazeux; la chaleur dégagée dans un temps donné, par un même poids de chloral et d'eau gazeux traversant l'appareil, est donc moindre à basse pression.

» Enfin, et c'est ici une cause d'erreur capitale, tout porte à croire que l'hydrate de chloral est dissocié, c'est-à-dire en partie décomposé vers 100°. *A mesure qu'on abaisse la pression, on se rapproche donc de la tension limite à laquelle il n'y aurait plus combinaison*, circonstance qui réduit encore, si même elle n'annule, la chaleur développée sous la pression normale.

» La réunion de ces conditions défavorables dues à l'emploi d'une basse pression, telles que diminution de la masse des gaz réagissants, rapport incertain de leurs volumes, ralentissement de la réaction, enfin réduction considérable de la portion réellement combinée, telles sont, je le répète, les causes qui expliquent le nouvel insuccès de M. Wurtz. Certes, je suis convaincu de la parfaite sincérité scientifique de notre éminent confrère ; mais peut-être n'a-t-il pas recherché suffisamment jusqu'ici les conditions de réussite d'une expérience délicate et dont l'impossibilité lui paraissait résulter de certains motifs théoriques. Pour mon propre compte, je ne crois pas utile d'insister sur la caractéristique de mes observations, caractéristique que M. H. Sainte-Claire Deville a fort bien mise en évidence, ni de répondre à des objections qui ne s'appliquent pas aux conditions de mes expériences et qui sont d'ailleurs peu en harmonie avec les lois physiques de la vaporisation des liquides : la question expérimentale me paraît résolue, et j'en abandonne le jugement aux hommes compétents. »

TRAVAUX PUBLICS. — *Note au sujet de la rencontre des deux galeries d'avancement du grand tunnel du Saint-Gothard;* par M. D. COLLADON.

« Ces deux galeries, dont l'ensemble représente une longueur de 14920^m, viennent de se réunir, après sept ans et cinq mois (dont bien des jours sont à défalquer pour la part de l'entreprise), et la rencontre s'est effectuée d'une manière remarquablement exacte.

» Ces deux faits, d'une haute importance pour l'art des constructions,

et la jonction future de plusieurs grandes lignes de chemins de fer, méritent l'intérêt universel, et j'ai espéré que mes honorables collègues de l'Académie accueilleraient avec bienveillance quelques renseignements sur les origines essentielles de ces progrès, et des données rétrospectives sur la longue série des obstacles et des difficultés exceptionnelles qui ont parfois entravé les progrès et rendu l'excavation très difficile.

» Les origines les plus efficaces de l'accélération du travail ont été les combinaisons remarquablement heureuses pour le diguage des torrents et l'emploi de l'eau motrice, recueillie dans les aqueducs, sur des turbines utilisant de très hautes chutes, l'adoption de compresseurs d'air d'un nouveau système, marchant à très grande vitesse, le refroidissement de cet air opéré dans les cylindres compresseurs au moment de la compression, par une injection d'eau à l'état pulvérulent, de nombreux et importants perfectionnements aux machines perforatrices et à leurs affûts, l'emploi de la dynamite, la décision adoptée dès l'origine par l'habile entrepreneur, M. L. Favre, de Genève, d'attaquer le tunnel par le haut, son bon sens pratique, sa haute intelligence, son expérience et son inébranlable énergie ; tels ont été les éléments principaux qui ont permis à l'entrepreneur et à ses ingénieurs d'avancer, dans les roches très dures et très accidentées du tunnel du Saint-Gothard, avec une vitesse plus que double de celle qu'avaient pu atteindre les habiles ingénieurs qui avaient été chargés de diriger le percement du tunnel du mont Cenis.

» En effet, ce dernier souterrain a 12200^{m} de longueur totale; il avait été commencé à la main, des deux côtés, dès le mois de septembre 1857, et les deux galeries se sont rencontrées le 25 décembre 1870, avec une déviation de $\frac{1}{3}$ de mètre.

» On peut prédire d'autre part que, malgré son excès de longueur, le tunnel du Saint-Gothard, entièrement achevé, aura coûté en totalité 25 ou 30 pour 100 moins cher que celui du mont Cenis.

» Il est donc évident que les travaux remarquables réalisés au Saint-Gothard viennent d'ouvrir une voie nouvelle pour l'achèvement rapide et économique des longs tunnels.

» J'ai fait allusion, au commencement de cette Note, à une série de difficultés exceptionnelles qui ont parfois entravé les progrès de l'excavation ; il est nécessaire, pour en faire ressortir la gravité, d'expliquer les conditions imposées à l'entrepreneur et la position de M. Favre relativement à la Compagnie qui était chargée de l'exécution de la ligne entière *du chemin de fer dit du Saint-Gothard et de ses lignes d'accès sur les deux versants.* Cette

Compagnie avait nommé ingénieur en chef M. Gerwig, et un nombreux état-major d'ingénieurs était chargé de le seconder.

» L'entreprise du tunnel principal, long de 14920^{m}, dont l'embouchure nord, près de Gœschenen, était à l'altitude de 1109^{m}, celle du sud, à Airolo, de 1145^{m}, et le point culminant central à 1155^{m}, devait être confiée à un adjudicataire unique, avec le dépôt d'un cautionnement de 8 millions. Cet entrepreneur devait exécuter le tunnel entier, faire à ses frais les dérivations des torrents, tous les appareils hydrauliques, les compresseurs d'air, les conduites, tous les engins de perforation, de transport, d'aération, tous les bâtiments nécessaires à son entreprise, ateliers, magasins, logements d'ouvriers, etc., toute l'excavation du tunnel pour double voie, et au besoin les maçonneries, d'après les types fournis par l'ingénieur en chef de la Compagnie; mais l'emplacement du tunnel et de ses abords, ses pentes intérieures, la vérification de la ligne d'axe des deux galeries, restaient à la charge de la Compagnie.

» Son ingénieur en chef avait limité la pente de la moitié sud du tunnel à un millième; il n'avait pas prévu l'énorme volume d'eau qu'on allait rencontrer dans cette moitié sud de la galerie et les conséquences désastreuses qui devaient en résulter pour l'entreprise.

» Au mont Cenis, le volume des infiltrations de chaque côté n'avait pas dépassé 1^{lit} par seconde.

» Au tunnel du mont Hoosac, dans le Massachusetts, on avait signalé, comme un grave inconvénient, des infiltrations dont le maximum s'était élevé à 18^{lit} par seconde.

» Dans la galerie sud du souterrain du Gothard, avec cette bien faible pente d'un millième, le volume des infiltrations atteignait, dès la fin de la première année du percement, 230^{lit} par seconde, *huit cent mille litres par heure;* la galerie d'avancement, dont la section moyenne est de 6^{mq} à 7^{mq}, fut, pendant près de trois ans, transformée en un véritable aqueduc, où l'eau s'élevait à 0^{m},25 ou 0^{m},30; quelques-unes de ces infiltrations avaient le volume et la vitesse d'un jet de pompe à incendie.

» A ces infiltrations se joignaient, de temps à autre, les rencontres de failles qui déversaient dans la galerie des torrents de boue et de débris.

» Au dehors du tunnel, la force motrice hydraulique était insuffisante pendant les mois d'hiver.

» L'ingénieur en chef, M. Gerwig, pendant les années employées à ses études préliminaires, avait oublié de jauger en hiver le volume d'eau de la Tremola et du Tessin, seuls torrents voisins de l'ouverture du souterrain; il

s'était contenté d'adopter des chiffres indiqués antérieurement et qui fixaient à 500^{lit} par seconde le minimum probable ou moyen du torrent de la Tremola. M. Favre et son ingénieur conseil ne pouvaient attendre jusqu'à la fin de l'hiver pour vérifier ce chiffre; ils durent commander les moteurs hydrauliques, en se basant sur ce volume indiqué comme minimum probable.

» En réalité, pendant les saisons d'hiver, depuis l'installation des turbines, le régime d'eau de la Tremola a été réduit pendant quelques mois *à cinquante ou cent litres par seconde*, en sorte qu'il tombait de la voûte ou des parois du tunnel quatre ou cinq fois plus d'eau que n'en contenait le lit de la Tremola. Au bout de deux ans d'expérience, l'entrepreneur a dû exécuter à grands frais une dérivation de l'eau du Tessin, en suspendant un aqueduc contre les parois à pic formées de roches inconsistantes et à 60^m ou 100^m au-dessus du lit du Tessin. Ces pentes abruptes sont ravagées chaque hiver par des avalanches qui enlèvent une partie des parois ou des contre-forts de l'aqueduc; en quatre ans, il y a eu dix-neuf de ces avalanches, qui ont entamé plus au moins le canal de dérivation, en produisant des interruptions fort nuisibles à la marche de la perforation et à l'aérage.

» Enfin, pendant les hivers rigoureux, la totalité de l'eau du Tessin et de l'eau de la Tremola est loin de suffire, et pendant l'hiver actuel, depuis la fin d'octobre jusqu'à ce jour, plus de la moitié de nos turbines et des compresseurs d'air que j'ai fait établir ont dû chômer faute d'eau motrice; il en est résulté une élévation de température nuisible aux ouvriers et aux animaux de trait employés aux transports, dans les parties les plus avancées du souterrain, et un retard notable dans la progression de la galerie du côté sud.

» Cette analyse assez incomplète pourra faire entrevoir la gravité des obstacles que M. Favre et ses ingénieurs ont dû surmonter; elle mettra aussi en saillie la direction intelligente et énergique donnée à l'ensemble de ce vaste travail, et fera mieux apprécier l'achèvement complet de ces deux galeries d'avancement dans le terme bien court de sept ans et cinq mois.

» Une circonstance intéressante à noter, c'est que, contrairement aux prévisions du second ingénieur en chef de la Compagnie, les compresseurs de mon système établis aux deux extrémités du souterrain ont pu suffire, jusqu'à l'entier percement, à l'aération du tunnel. Des cloches aspirantes, analogues à celles qui avaient été employées au mont Cenis, et dont M. Helwagg avait exigé l'établissement, assez coûteux, aux deux extrémités du tunnel, sont restées sans emploi jusqu'à ce jour et ne serviront probablement pas pendant l'achèvement

» La rencontre des deux galeries a montré l'exactitude des prolongements des deux lignes d'axe des galeries d'avancement; la différence de niveau n'a pas dépassé $0^m,10$; la déviation latérale est inférieure à $0^m,20$.

» La longueur totale, mesurée à l'intérieur du souterrain, s'est trouvée plus courte de près de 8^m que la longueur calculée géométriquement.

» Heureusement le chef mineur du côté sud avait fait percer un trou de sonde horizontal, long de 3^m, et, quand il a atteint la galerie nord, il a fait suspendre les attaques du côté de Goschenen; puis, par une attaque modérée en profondeur, il a réduit à une épaisseur de $1^m,40$ le massif restant. Une dernière attaque centrale a été préparée, savoir quatre trous de centre et onze autres trous régulièrement espacés tout autour, à peu de distance. L'explosion a ouvert un entonnoir dont le moindre diamètre avait environ $0^m,80$ de diamètre, et par cette ouverture les ingénieurs présents et les chefs ouvriers ont pu immédiatement passer d'une galerie dans l'autre.

» C'est dimanche 29 février, à 11^h du matin, que cette porte de communication a été ouverte. En ce moment, le baromètre, à Goschenen, était de $0^m,004$ plus haut qu'à l'extrémité sud, à Airolo. Un courant d'air s'est immédiatement produit dans la galerie, et sa vitesse près de l'ouverture était de $1^m,50$ par seconde. Quelques heures plus tard, le baromètre avait baissé à Goschenen, et la hauteur de la colonne mercurielle à Airolo surpassait de $0^m,001$ celle de Goschenen; par suite, le courant d'air a changé de direction, et il a pris celle de sud-nord; mais sa vitesse était de $\frac{1}{3}$ de mètre seulement.

» Ces expériences intéressantes seront continuées; elles pourront donner lieu à des Tableaux comparatifs, qui pourront être discutés quand toutes les données principales auront été réunies. »

GÉOGRAPHIE. — *Sur le projet de canal maritime interocéanique.* Extrait d'une Lettre de M. de Lesseps à M. Larrey.

« Panama, 28 janvier 1880.

» Mon cher ami, la plus grande partie de nos études sur le terrain est terminée. Voici le *memorandum* que je vais remettre aux membres de la Commission technique instituée pour propager l'exécution du canal maritime interocéanique :

« Messieurs, dès notre arrivée à Panama, je vous ai présenté un programme indiquant les questions sur lesquelles je désirais être éclairé par la science des ingénieurs, en conséquence de la décision du Congrès de Paris.

» Vous avez commencé par procéder à votre organisation, qui a consisté à former un Comité de direction composé de MM. Dirks, Totten, Wright, Boutan et Dauzats, secrétaire. Sous cette direction, vous avez réparti le travail des opérations locales, entre les baies de Limon et de Panama, en huit brigades, ayant chacune son personnel de manœuvres :

» 1re brigade : MM. Couvreux et P. Marolle; 2e brigade : M. Jégou; 3e brigade : MM. Dauzats, Ortéga et Ossa; 4e brigade : MM. Sosa et Fontan; 5e brigade : MM. Albers et C. Marolle; 6e brigade : M. Boutan (études géologiques sous sa direction); 7e brigade : M. Duflos, chef sondeur; 8e brigade : M. Barbier, chef sondeur, sous la direction de M. Boutan.

» M. Gaston Blanchet, délégué par l'entreprise de travaux Couvreux, Hersent et Cie, a été chargé, comme ingénieur comptable, de parcourir la ligne et de se mettre en rapport avec les chefs de brigade, pour fournir tout ce qui serait nécessaire à leur personnel en instruments, livres et objets de campement.

» Grâce à cette organisation, vous avez marché vite et bien.

» J'ai suivi avec le plus grand intérêt vos études et vos opérations, et je ne saurais rendre assez de justice aux efforts dévoués et consciencieux qui vous permettent aujourd'hui de réunir les éléments nécessaires pour préparer un Rapport sommaire, destiné à apporter la lumière de la vérité dans cette question, si controversée, de la possibilité d'exécution d'un canal à niveau constant et sans écluses entre les deux océans.

» Il est évident que ce Rapport sommaire devra être complété plus tard, lorsque les sondages qui ont été commencés sur toute la ligne vous permettront d'évaluer, au plus bas prix, le nombre de mètres cubes de déblais à extraire; mais, dès à présent, vous êtes en mesure de fixer un maximum, d'après les échantillons de terrain retirés sur les points principaux des profondeurs du sol, en les supposant dans les plus mauvaises conditions, là où il reste encore des opérations à terminer.

» Vous avez profité des moyens de communication faciles et rapides qui ont été généralement donnés à tout notre personnel et à notre matériel par l'administration des chemins de fer, ce qui vous a permis de faire, en un mois, un travail qui aurait certainement employé plus d'une année dans d'autres circonstances. Ainsi vous avez pu étudier avec soin les deux bassins si admirablement situés entre les deux points extrêmes d'une ligne de 73^{km} : celui du Chagres, débouchant dans l'Atlantique, et celui du Rio Grande, débouchant dans le Pacifique. Pour faire passer le canal maritime d'une vallée dans l'autre, il suffira de creuser, sur un parcours de 6^{km}, le massif rocheux de la Culebra, à moins que l'on ne trouve dans les dépressions environnantes le moyen de le tourner en tout ou en partie ; mais, dans tous les cas, le travail ne présenterait rien d'inconnu.

» L'opération qui m'a paru devoir particulièrement appeler votre attention et l'application raisonnée de votre science est celle du barrage du Chagres au point que vous indiquerez. Permettez-moi de vous rendre compte, à ce sujet, de mes propres observations et d'appeler votre attention sur les précédents d'une telle entreprise, si bien décrite par l'éminent ingénieur M. Bidaut, auteur du barrage de la Gileppe, en Belgique.

» Au lieu de plusieurs barrages, dit M. Bidaut, un seul est préférable; une hauteur de 45^{m} n'est pas sans précédent. Le barrage d'Alicante compte près de trois siècles d'existence; il a 41^{m} de hauteur sur 34^{m} d'épaisseur au bas et 20^{m} au sommet.

» Le barrage du Furens, près de Saint-Étienne, mesure 56^{m} de hauteur et 41^{m} d'épaisseur. Celui de la Gileppe a 45^{m} de hauteur.

» Le choix de l'emplacement doit être déterminé surtout par les conditions de stabilité d'assise, d'incompressibilité et d'imperméabilité des roches.

» Pour qu'un barrage résiste à l'action lente et à la pression des eaux, il faut, avant tout, que l'encastrement dans les roches de flanc soit solide; il faut aussi que l'assise soit inébranlable, que le [illegible] soit [illegible] entre le sol et la base de la maçonnerie.

» Ne craignez pas, pour le barrage du Chagres, d'exagérer les conditions de stabilité, parce qu'il est nécessaire de lui imprimer, en considération des grands intérêts qui s'y rattachent, un caractère indélébile. Il faudra donc, pour sa construction, imiter ce qu'a fait la nature pour les deux montagnes qu'il s'agit de réunir, en élevant une barrière artificielle qui comblera la vallée et réglera le cours d'eau.

» Je compte, Messieurs, que vous serez en mesure de me remettre votre Rapport sommaire avant mon départ pour New-York, qui aura lieu vers le 6 février.

Panama, 28 janvier 1880.

» Signé : FERDINAND DE LESSEPS. »

» Si vous croyez que cette Communication puisse intéresser nos chers confrères, veuillez la lire dans une de nos séances. Vous leur transmettrez, en particulier, mes meilleurs souvenirs. Vous leur direz que Mme de Lesseps, mes trois enfants et mes vingt compagnons sont en parfaite santé, malgré nos excursions au soleil, et en traversant, au milieu des forêts vierges et des broussailles, des trouées faites avec de grands coutelas appelés *machetes*. En somme, le pays est magnifique, d'une splendeur indescriptible.

» J'espère qu'à notre retour en France nous apporterons la meilleure preuve de la salubrité du climat de Panama et de la facilité d'exécution du canal interocéanique. »

M. le PRÉSIDENT annonce à l'Académie la perte douloureuse qu'elle vient de faire dans la personne de M. *Zinin*, Correspondant de la Section de Chimie, décédé à Saint-Pétersbourg le 18 février dernier.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

MÉCANIQUE. — *Recherche du coefficient de régularité du mouvement dans les transmissions par câbles.* Note de M. H. LÉAUTÉ, présentée par M. Rolland.

(Commissaires : MM. Phillips, Rolland, Resal.)

» M. Kretz a montré (1) que la régularité du mouvement dans une

(1) KRETZ, *De l'élasticité dans les machines en mouvement* (*Comptes rendus*, 24 juin et [illegible] 1861); Note au *Cours de Mécanique appliquée aux machines*, par Poncelet, p. 130, 264, 340.

transmission renfermant un lien élastique dépend surtout de la valeur du coefficient qui mesure l'extensibilité du lien, c'est-à-dire du rapport entre le déplacement relatif des extrémités et l'accroissement de tension qui en résulte.

» Le bon fonctionnement de la transmission exige que ce coefficient reste compris entre certaines valeurs déterminées. Ces valeurs sont d'ailleurs fixées dans chaque cas par la double condition de maintenir, d'une part, au-dessous d'une limite convenable l'amplitude des oscillations de la vitesse du mécanisme, et, d'autre part, de ne pas dépasser une certaine limite donnée pour les accélérations passagères des diverses parties de ce mécanisme et les vitesses de changement des tensions.

» Bien que les câbles métalliques puissent être regardés comme inextensibles, les transmissions télodynamiques présentent, par suite de la flèche que prend chaque brin, des propriétés analogues à celles des transmissions par liens élastiques. Il est indispensable d'établir ce point et de déterminer l'expression qui joue dans ce cas le même rôle que le coefficient d'extensibilité dans les courroies.

» C'est à ce résultat, fondamental dans la théorie des transmissions par câbles, que vont nous conduire les formules données dans une Communication précédente [1].

» Désignons par l la demi-portée du câble, par f la flèche de l'un de ses brins, par p le poids de ce câble par unité de longueur, et affectons de l'indice 1 les quantités relatives au brin conducteur et de l'indice 2 celles relatives au brin conduit; nous aurons, au degré d'approximation adopté,

$$\mathcal{T}_1=\rho_1 g, \quad \mathcal{T}_2=\rho_2 g, \quad \rho_1=\frac{l^2}{2f_1}, \quad \rho_2=\frac{l^2}{2f_2}.$$

» Distinguons maintenant par un accent les quantités relatives à la poulie menée et par deux accents celles relatives à la poulie qui mène; puis représentons par $\mu\tau$ les accroissements de tension qui se produisent aux extrémités des brins du câble quand le mouvement permanent est altéré. On a alors, d'après les formules établies dans le Mémoire précédemment cité et en tenant compte des relations qui viennent d'être écrites,

$$\mu\tau'_1=\frac{3}{16}p\frac{l^3}{f_1^3}(\alpha''-\alpha')+\frac{1}{8}\frac{p}{g}\frac{l^3}{f_1^2}\frac{d^2(\alpha''-\alpha')}{dt^2}-\frac{1}{2}\frac{pl}{g}\frac{d^2(\alpha''+\alpha')}{dt^2},$$

$$\mu\tau''_1=\frac{3}{16}p\frac{l^3}{f_1^3}(\alpha''-\alpha')+\frac{1}{8}\frac{p}{g}\frac{l^3}{f_1^2}\frac{d^2(\alpha''-\alpha')}{dt^2}+\frac{1}{2}\frac{pl}{g}\frac{d^2(\alpha''+\alpha')}{dt^2}$$

---

(1) *Comptes rendus*, 23 février 1880.

pour le brin conducteur,

$$\mu\tau'_2 = \frac{3}{16}p\frac{l^3}{f_2^3}(\alpha'-\alpha'') + \frac{1}{8}\frac{p}{g}\frac{l^3}{f_2^2}\frac{d^2(\alpha'-\alpha'')}{dt^2} + \frac{1}{2}\frac{pl}{g}\frac{d^2(\alpha''+\alpha')}{dt^2},$$

$$\mu\tau''_2 = \frac{3}{16}p\frac{l^3}{f_2^3}(\alpha'-\alpha'') + \frac{1}{8}\frac{p}{g}\frac{l^3}{f_2^2}\frac{d^2(\alpha'-\alpha'')}{dt^2} - \frac{1}{2}\frac{pl}{g}\frac{d^2(\alpha''+\alpha')}{dt^2}$$

pour le brin conduit.

» Les augmentations de traction θ qui se produiront à la circonférence de chacune des poulies seront donc

$$\theta' = \mu\tau'_1 - \mu\tau'_2 = \frac{3}{16}pl^3\left(\frac{1}{f_1^3}+\frac{1}{f_2^3}\right)(\alpha''-\alpha') + \frac{1}{8}\frac{p}{g}l^3\left(\frac{1}{f_1^2}+\frac{1}{f_2^2}\right)\frac{d^2(\alpha''-\alpha')}{dt^2} - \frac{p}{g}l\frac{d^2(\alpha''+\alpha')}{dt^2},$$

$$\theta'' = \mu\tau''_1 - \mu\tau''_2 = \frac{3}{16}pl^3\left(\frac{1}{f_1^3}+\frac{1}{f_2^3}\right)(\alpha''-\alpha') + \frac{1}{8}\frac{p}{g}l^3\left(\frac{1}{f_1^2}+\frac{1}{f_2^2}\right)\frac{d^2(\alpha''-\alpha')}{dt^2} + \frac{p}{g}l\frac{d^2(\alpha''+\alpha')}{dt^2},$$

que l'on peut réduire à

$$(1)\qquad \theta = \frac{3}{16}pl^3\left(\frac{1}{f_1^3}+\frac{1}{f_2^3}\right)(\alpha''-\alpha') + \frac{1}{8}\frac{p}{g}l^3\left(\frac{1}{f_1^2}+\frac{1}{f_2^2}\right)\frac{d^2(\alpha''-\alpha'}{dt^2},$$

puisque les flèches sont toujours petites relativement à la portée.

» Telle est la relation qui donne l'accroissement de tension effective en fonction du déplacement relatif des extrémités du câble.

» Si l'on désigne par ω' et ω'' les vitesses angulaires des deux poulies, par R leur rayon commun et par Ω la vitesse angulaire correspondant au mouvement permanent, on a évidemment

$$d\alpha' = \mathrm{R}(\omega'-\Omega)dt,$$
$$d\alpha'' = \mathrm{R}(\omega''-\Omega)dt,$$

et l'équation (1) devient

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{3}{16}pl^3\left(\frac{1}{f_1^3}+\frac{1}{f_2^3}\right)\mathrm{R}(\omega''-\omega') + \frac{1}{8}pl^3\left(\frac{1}{f_1^2}+\frac{1}{f_2^2}\right)\frac{d^2(\omega''-\omega'}{dt^2}.$$

» Sans entrer dans la discussion de cette expression, ce qui dépasserait les limites d'une simple Note, nous remarquerons que, réduite à son premier terme, qui est son terme principal, elle est identiquement de même forme que celle donnée par M. Kretz pour les courroies.

» Toutes les conclusions établies par M. Kretz pour les transmissions par liens élastiques s'appliquent donc aux transmissions télodynamiques

si l'on prend pour coefficient de régularité la quantité

$$\frac{3}{16} p l^3 \left(\frac{1}{f_1^3} + \frac{1}{f_2^3} \right). \text{ »}$$

HYDRODYNAMIQUE. — *Fonction des vitesses; extension des théorèmes de Lagrange au cas d'un fluide imparfait.* Note de M. **Bresse.**

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

« Les équations générales du mouvement d'un fluide imparfait, établies par Navier (t. VI des *Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris*), sont, avec les notations ordinaires que tout le monde connaît,

$$(1) \quad \left\{ \begin{aligned} X - \frac{1}{\rho}\frac{dp}{dx} + \varepsilon\left(\frac{d^2u}{dx^2} + \frac{d^2u}{dy^2} + \frac{d^2u}{dz^2}\right) &= u\frac{du}{dx} + v\frac{du}{dy} + w\frac{du}{dz} + \frac{du}{dt}, \\ Y - \frac{1}{\rho}\frac{dp}{dy} + \varepsilon\left(\frac{d^2v}{dx^2} + \frac{d^2v}{dy^2} + \frac{d^2v}{dz^2}\right) &= u\frac{dv}{dx} + v\frac{dv}{dy} + w\frac{dv}{dz} + \frac{dv}{dt}, \\ Z - \frac{1}{\rho}\frac{dp}{dz} + \varepsilon\left(\frac{d^2w}{dx^2} + \frac{d^2w}{dy^2} + \frac{d^2w}{dz^2}\right) &= u\frac{dw}{dx} + v\frac{dw}{dy} + w\frac{dw}{dz} + \frac{dw}{dt}; \end{aligned} \right.$$

il faut y joindre l'équation de continuité

$$\frac{d.\rho u}{dx} + \frac{d.\rho v}{dy} + \frac{d.\rho w}{dz} + \frac{d\rho}{dt} = 0,$$

et, si le fluide n'est pas incompressible, une dernière équation entre la pression et la densité. La démonstration des équations (1), dans lesquelles ε représente, suivant les idées de Navier, une constante spécifique pour chaque fluide naturel, suppose d'ailleurs le cas de mouvements réguliers, qui permettent de regarder les vitesses u, v, w comme des fonctions continues de x, y, z, t.

» On sait, d'un autre côté, que Lagrange a établi quelques propriétés assez remarquables du mouvement des fluides, en admettant, outre l'hypothèse de la fluidité parfaite : 1° que les expressions $X dx + Y dy + Z dz$ et $\frac{1}{\rho}\left(\frac{dp}{dx}dx + \frac{dp}{dy}dy + \frac{dp}{dz}dz\right)$ sont les différentielles exactes, relativement à x, y, z, de deux fonctions T et ϖ; 2° qu'il existe, au moins pour une valeur particulière du temps, une fonction des vitesses, c'est-à-dire une fonction ayant pour différentielle $u dx + v dy + w dz$ relativement à x, y, z. Je me propose ici de faire un travail analogue, en écartant l'hypothèse restrictive

de la fluidité parfaite et conservant à la constante ε de Navier une valeur quelconque différente de zéro.

» I. Théorème. — *Si la quantité* $udx+vdy+wdz$ *est différentielle exacte, relativement à* x, y, z, *pour une valeur particulière* t_0 *du temps* t, *elle jouit de la même propriété pendant toute la durée du mouvement.*

» Posons, en effet,

$$\alpha=\frac{dv}{dz}-\frac{dw}{dy},\quad \beta=\frac{dw}{dx}-\frac{du}{dz},\quad \gamma=\frac{du}{dy}-\frac{dv}{dx},$$
$$\theta=\frac{du}{dx}+\frac{dv}{dy}+\frac{dw}{dz},\quad V^2=u^2+v^2+w^2;$$

eu égard à ces définitions et à celles des fonctions T et ϖ, les équations (1) pourront s'écrire

$$(2)\quad\begin{cases}\dfrac{du}{dt}=\dfrac{d}{dx}\left(T-\varpi+\varepsilon\theta-\frac{1}{2}V^2\right)+\beta w-\gamma v+\varepsilon\left(\dfrac{d\gamma}{dy}-\dfrac{d\beta}{dz}\right),\\ \dfrac{dv}{dt}=\dfrac{d}{dy}\left(T-\varpi+\varepsilon\theta-\frac{1}{2}V^2\right)+\gamma u-\alpha w+\varepsilon\left(\dfrac{d\alpha}{dz}-\dfrac{d\gamma}{dx}\right),\\ \dfrac{dw}{dt}=\dfrac{d}{dz}\left(T-\varpi+\varepsilon\theta-\frac{1}{2}V^2\right)+\alpha v-\beta u+\varepsilon\left(\dfrac{d\beta}{dx}-\dfrac{d\alpha}{dy}\right).\end{cases}$$

Entre ces équations prises deux à deux, on peut éliminer $T-\varpi+\varepsilon\theta-\frac{1}{2}V^2$; en tenant compte de l'identité $\frac{d\alpha}{dx}+\frac{d\beta}{dy}+\frac{d\gamma}{dz}=0$, on trouve facilement

$$(3)\quad\begin{cases}u\dfrac{d\alpha}{dx}+v\dfrac{d\alpha}{dy}+w\dfrac{d\alpha}{dz}+\dfrac{d\alpha}{dt}=\beta\dfrac{du}{dy}+\gamma\dfrac{du}{dz}-\alpha\left(\dfrac{dv}{dy}+\dfrac{dw}{dz}\right)+\varepsilon\left(\dfrac{d^2\alpha}{dx^2}+\dfrac{d^2\alpha}{dy^2}+\dfrac{d^2\alpha}{dz^2}\right),\\ u\dfrac{d\beta}{dx}+v\dfrac{d\beta}{dy}+w\dfrac{d\beta}{dz}+\dfrac{d\beta}{dt}=\gamma\dfrac{dv}{dz}+\alpha\dfrac{dv}{dx}-\beta\left(\dfrac{dw}{dz}+\dfrac{du}{dx}\right)+\varepsilon\left(\dfrac{d^2\beta}{dx^2}+\dfrac{d^2\beta}{dy^2}+\dfrac{d^2\beta}{dz^2}\right),\\ u\dfrac{d\gamma}{dx}+v\dfrac{d\gamma}{dy}+w\dfrac{d\gamma}{dz}+\dfrac{d\gamma}{dt}=\alpha\dfrac{dw}{dx}+\beta\dfrac{dw}{dy}-\gamma\left(\dfrac{du}{dx}+\dfrac{dv}{dy}\right)+\varepsilon\left(\dfrac{d^2\gamma}{dx^2}+\dfrac{d^2\gamma}{dy^2}+\dfrac{d^2\gamma}{dz^2}\right).\end{cases}$$

» Or la condition d'intégrabilité de $udx+vdy+wdz$ pour $t=t_0$ consiste en ce que cette même valeur de t doit annuler α, β, γ pour tout point du système, ce qui entraîne comme conséquence qu'elle annule aussi toutes les dérivées de ces quantités par rapport à x, y, z. Si donc on fait $t=t_0$ dans les équations (3), on constate que les seconds membres sont nuls et que, par suite, il en est de même des premiers. Ceux-ci, multipliés par dt, expriment les accroissements de α, β, γ lorsqu'on suit une molécule sur sa trajectoire pendant un élément dt du temps; donc les quantités α, β, γ, d'abord nulles, par hypothèse, au commencement de l'intervalle

de temps dt qui succède à l'époque t_0, le sont encore à la fin; donc $udx + vdy + wdz$ est restée différentielle exacte pour la position correspondante du fluide. Partant de cette seconde position, on verrait de la même manière que α, β, γ restent encore nuls dans la nouvelle position prise par le fluide après un second intervalle de temps dt; de cette troisième position il serait possible de passer de même à une quatrième, et ainsi de suite. On constaterait de proche en proche que α, β, γ restent nuls et $udx + vdy + wdz$ intégrable dans la position prise par le fluide après un temps quelconque. Rien n'empêche d'ailleurs d'attribuer à dt une série de valeurs négatives, afin de revenir aux époques antérieures à t_0; l'énoncé du théorème s'applique avant comme après cette époque particulière.

» II. Sans essayer de rechercher si la démonstration précédente pourrait se trouver en défaut dans certains cas exceptionnels (ce qui, au surplus, ne semble pas facile à faire d'une manière suffisamment nette et précise), admettons l'existence d'une fonction $\varphi(x, y, z, t)$ telle qu'on ait constamment

$$u = \frac{d\varphi}{dx}, \quad v = \frac{d\varphi}{dy}, \quad w = \frac{d\varphi}{dz}.$$

Les quantités α, β, γ restant toujours nulles pour tous les points du fluide, les équations (2) peuvent se mettre sous la forme

$$(4) \quad \begin{cases} \dfrac{d}{dx}\left(\dfrac{d\varphi}{dt}\right) = \dfrac{d}{dx}\left(\mathrm{T} - \varpi + \varepsilon\theta - \dfrac{1}{2}\mathrm{V}^2\right), \\ \dfrac{d}{dy}\left(\dfrac{d\varphi}{dt}\right) = \dfrac{d}{dy}\left(\mathrm{T} - \varpi + \varepsilon\theta - \dfrac{1}{2}\mathrm{V}^2\right), \\ \dfrac{d}{dz}\left(\dfrac{d\varphi}{dt}\right) = \dfrac{d}{dz}\left(\mathrm{T} - \varpi + \varepsilon\theta - \dfrac{1}{2}\mathrm{V}^2\right), \end{cases}$$

d'où l'on conclut immédiatement

$$(5) \quad \frac{d\varphi}{dt} = \mathrm{T} - \varpi + \varepsilon\theta - \frac{1}{2}\mathrm{V}^2 + \mathrm{C},$$

C représentant une fonction de la seule variable t. On pourrait remplacer dans l'équation (5) θ par $\frac{d^2\varphi}{dx^2} + \frac{d^2\varphi}{dy^2} + \frac{d^2\varphi}{dz^2}$ et V^2 par $\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dy}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dz}\right)^2$; d'un autre côté, supposer que $\frac{1}{\rho}\left(\frac{dp}{dx}dx + \frac{dp}{dy}dy + \frac{dp}{dz}dz\right)$ est une différentielle exacte relativement à x, y, z revient à supposer que p et ϖ sont à chaque instant des fonctions de ρ; par suite, l'équation (5) peut être considérée comme une première relation entre les inconnues φ et ρ.

» L'équation de continuité en fournit une seconde, car elle devient, par l'introduction des dérivées de φ au lieu de u, v, w,

$$(6) \qquad \rho\left(\frac{d^2\varphi}{dx^2}+\frac{d^2\varphi}{dy^2}+\frac{d^2\varphi}{dz^2}\right)+\frac{d\varphi}{dx}\frac{d\rho}{dx}+\frac{d\varphi}{dy}\frac{d\rho}{dy}+\frac{d\varphi}{dz}\frac{d\rho}{dz}+\frac{d\rho}{dt}=0.$$

Les équations (5) et (6) détermineraient donc ρ et φ, d'où l'on déduirait ensuite, par des opérations toujours faciles, p, u, v, w. »

ÉCONOMIE RURALE. — *Syrphes et Entomophthorées*; par M. **Alf. Giard.**

(Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

« Dans la séance du 9 février 1880 (¹), M. le Secrétaire perpétuel, en présentant à l'Académie un Mémoire de MM. Cornu et Brongniart sur une épidémie causée chez des insectes du genre Syrphe par un champignon parasite (*Entomophthora*), appelait l'attention des hommes de science sur les services que l'Agriculture peut attendre de la propagation des cryptogames.

» Les travaux de Brefeld, de Sorokin et surtout ceux beaucoup plus récents de Metschnikoff (²) ont fait entrer cette question dans la voie expérimentale. J'ai moi-même entrepris des recherches du même genre (*Bulletin scientifique du Nord*, novembre 1879); je ne puis donc qu'appuyer, après bien d'autres, l'idée générale émise par M. Dumas.

» **1.** Il n'existe pas une espèce d'*Entomophthora* parasite de tous les insectes; mais, jusqu'à présent, les espèces connues sont spéciales à un insecte déterminé, ou seulement à quelques espèces très voisines. Les expériences devraient être faites avec un *Entomophthora* des pucerons, l'*E. Planchoniana* (M. Cornu) par exemple. En dehors des Entomophthorées, on pourrait essayer encore le *Microcera coccophila* (Desm.) (Stilbacées). Toutefois, cette dernière espèce paraît se développer surtout sur les pucerons déjà malades ou mourants.

» De plus, je n'ai pu réussir encore (et d'autres n'ont pas été plus heureux) à cultiver aucune espèce d'*Entomophthora* dans un milieu artificiel. Il n'en est pas de même de l'*Isaria destructor*, parasite du hanneton

---

(¹) *Comptes rendus*, p. 249-252.

(²) *Sur les maladies du hanneton des blés* (*Anisoplia austriaca*), publié en russe à Odessa, janvier 1879.

des blés et d'autres Coléoptères ([1]); Metschnikoff a réussi à faire prospérer et fructifier ce champignon sur de l'asbeste ou du coton imbibé de bière de maïs, en dehors de tout substratum animal, ce qui permet de l'avoir à chaque instant à sa disposition.

» Les idées de Hagen, d'après lesquelles la levûre de bière serait susceptible de donner naissance à des *Entomophthora*, sont inacceptables dans l'état actuel de la Science. Si la levûre tue les insectes, ce qui est très possible, c'est comme levûre qu'elle agit et non comme germe d'autres champignons ([2]); je doute fort toutefois qu'on puisse détruire le Phylloxera des racines par un simple arrosage avec de la levûre diluée.

» 2° Si, par hasard, on réussissait à propager l'*Entomophthora* des Syrphes, on sauverait par là même l'existence de milliers de pucerons.

» Les Syrphes sont en effet, à l'état larvaire, de grands mangeurs d'Aphidiens, et, chose particulièrement intéressante, les larves de Syrphiens sont bien plus indifférentes que les champignons sur le choix des insectes qu'elles attaquent. C'est ainsi que j'ai trouvé communément à Wimereux une belle larve de Syrphien vivant aux dépens d'un puceron très aberrant, la *Livia juncorum* ([3]). La *Livia* produit sur le *Juncus lamprocarpus* (Ehr) des sortes de galles situées au bas des tiges et souvent plongées dans l'eau. Le puceron est, en outre, couvert d'une sécrétion cireuse très abondante, qui le protége contre l'humidité. Malgré ces circonstances, en apparence très favorables, les *Livia* n'échappent nullement aux attaques d'une larve de *Syrphus*, qui dévore également les pucerons ordinaires.

» D'autre part, on connaît peu ou point les premiers états d'un certain nombre de Syrphiens. Les beaux genres *Doros* et *Chrysotoxum* pondent à terre au milieu des herbes, et leurs larves sont évidemment souterraines. J'ai aussi rencontré des larves de Diptères et probablement de Syrphiens dans des fourmilières où étaient élevés des pucerons sur des racines de Graminées, de *Taraxacum*, etc. Nous avons donc, dans ces Diptères, des auxiliaires qu'il ne nous est pas permis de négliger, à côté de tous ceux que nous pourrons trouver, soit dans le règne animal, soit dans le règne végétal. »

([1]) L'*Isaria* attaque également la lame et la nymphe souterraines de l'*Anisoplia*.

([2]) Les expériences de Popoff et celles de mon ancien élève E. Marix montrent que la levûre, introduite dans le sang ou même dans le tube digestif des Vertébrés, produit des accidents rapidement mortels.

([3]) *Bulletin scientifique du Nord*, 1878, p. 11

VITICULTURE. — *Mémoire sur les moyens applicables à la destruction du Phylloxera;* par M. le Dr **Hamm.**

(Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

« De tous les moyens insecticides employés jusqu'ici avec quelque succès pour combattre les effets désastreux du Phylloxera sur la vigne, le plus ancien, et celui auquel on a encore aujourd'hui le plus souvent recours, est le sulfure de carbone. Dans le commencement, ce liquide éthéré avait été employé en quantités considérables dans un but de complète intoxication du sol. Or, par ce moyen, il arrivait que, au lieu d'apporter remède au mal, on ne faisait que le rendre pire; les ceps de vigne infestés qu'on se proposait de guérir étaient littéralement tués par la force exagérée du médicament, et détruits à la racine. Plus tard, et jusque dans les derniers temps, instruit par l'expérience, on a fait usage de ce liquide à petites doses et de manière à ne pas produire sur les ceps un effet irrémédiable, pire que la maladie même. Mais ce procédé, pour être efficace, devait être répété souvent, et l'on a dû reconnaître que le sulfure de carbone, même employé à petites doses, ne laissait pas de produire sur la vigne un effet nuisible à la végétation, lequel ne pouvait être combattu que par l'emploi de riches engrais, propres à rendre aux ceps la force qui leur était enlevée, mais, de leur nature, dispendieux. Là où ce soin était négligé, la vigne infestée, affaiblie déjà d'avance, n'en périssait que plus sûrement. Ce sont là des expériences que nous n'avons faites, hélas ! que trop souvent dans les vignobles attaqués par le Phylloxera dans la basse Autriche. On a de même observé que l'évaporation du sulfure de carbone s'effectue, suivant la nature du sol, d'une façon qui varie à l'infini et dans des proportions impossibles à prévoir : ici elle s'opère avec une rapidité étonnante; là, moins promptement et dans des conditions plus régulières; ailleurs enfin, l'évaporation a lieu très lentement, suivant que le sol est crevassé, poreux ou humide. Toutefois, et il n'existe nul doute à cet égard, le fluide insecticide agit avec le plus d'efficacité là où l'évaporation est la plus lente, la plus égale, ce qui lui permet, d'un côté, de pénétrer plus profondément dans le sol et de s'y étendre davantage, en même temps que d'un autre côté son séjour plus prolongé lui permet d'agir plus efficacement sur l'insecte qu'il est destiné à détruire, que s'il s'échappait presque aussitôt par les issues qui lui sont offertes pour aller se perdre dans l'air atmosphérique. C'est sur

l'observation ainsi faite que repose le principe des cubes Rohart. Mais ce système, quelque rationnel et juste qu'il soit d'ailleurs, doit pouvoir être employé à peu de frais, et son succès ne doit pas dépendre de la nature particulière du sol ; de telle sorte que, par exemple, dans un terrain sec, privé de l'humidité nécessaire pour la prompte décomposition des capsules gélatineuses dans lesquelles le sulfure de carbone est enfermé, son succès reste toujours incertain.

» M'étant livré depuis de longues années et sans relâche à l'étude de la matière, je crois avoir trouvé le moyen de parer aux inconvénients que peut trouver çà et là, dans son emploi, le système des cubes Rohart, et je prends la liberté de soumettre ici à l'examen mes explications à ce sujet et les conclusions que j'en tire.

» De toutes les matières connues qui servent à absorber et contenir en elles les liquides, la terre d'infusoires (ou poudre siliceuse) est celle qui absorbe le sulfure de carbone en plus grande quantité, tandis que c'est aussi celle qui en permet le moins l'évaporation. La terre d'infusoires peut retenir de six à huit fois son propre poids de sulfure de carbone, et ne laisse s'évaporer de cette quantité, dans l'espace de quatre jours, que les 0,4. Pour imprégner le sol autour d'un cep de vigne de 10^{gr} de sulfure de carbone, on a besoin tout au plus de 2^{gr} de terre d'infusoires ; d'où il résulte que, avec une dose de 20^{gr}, on peut porter sur la racine d'un cep 160^{gr} de sulfure de carbone, quantité qui, si elle y était introduite par infusion directe, ne manquerait pas de tuer instantanément la plante ; mais, appliquée sous la forme dont il est question ici, c'est-à-dire par l'intermédiaire de la terre d'infusoires, elle ne saurait lui nuire que très peu et certainement, en tout cas, beaucoup moins que ne le feraient 10^{gr} de sulfure de carbone directement introduits à la racine du cep. En outre, l'évaporation du sulfure de carbone contenu dans la terre d'infusoires se faisant, comme il vient d'être dit, dans de si petites proportions, que dans l'espace de quatre jours seulement 0,4 du poids s'en échappent à l'air libre, c'est dire qu'en employant 20^{gr} de terre d'infusoires, 8^{gr} de sulfure de carbone seulement s'évaporeront. L'effet produit dans le sol par le fluide insecticide en sera beaucoup plus radical, la durée de son séjour aura plus de ténacité, ses vapeurs s'étendront sur une plus grande étendue, et par là rendront certaine l'extirpation de l'insecte malfaisant. Supposons maintenant, sur la base des calculs qui viennent d'être faits, qu'un hectare de terrain soit planté de 12000 ceps de vigne, de quelle quantité de terre d'infusoires aurait-on besoin pour y appliquer le système de désinfection dont

il est question ici? On n'aurait pas besoin de plus de 240^{kg} de cette matière, et un wagon de chemin de fer en peut transporter plus qu'il n'en faut pour 40 hectares de vigne.

» On sait qu'il existe, dans beaucoup de lieux, des gisements de terre d'infusoires, dont on ne fait que peu ou point usage; cette matière absorbante ne serait donc pas difficile à se procurer dans des conditions de bon marché. Quant à la préparation du mélange insecticide, rien de plus facile ni de moins onéreux, et les frais dans lesquels son emploi entraîne sont également minimes. L'imprégnation de la terre d'infusoires avec le sulfure de carbone se fait d'une manière très simple et ne réclame l'usage d'aucun instrument particulier, d'aucun appareil. Le dosage, ainsi que l'introduction au pied du cep, déblayé à cet effet jusqu'à une profondeur d'environ 0^{m},40, des masses de terre d'infusoires imprégnées, se fait au moyen d'une cuiller en fer-blanc; un travailleur marche en avant, qui ouvre le sol; un autre le suit, qui remplit; un troisième vient enfin, qui recouvre l'excavation, et tout est fini. Il n'est pas non plus nécessaire de répéter l'opération plusieurs fois pendant le cours d'une année; aussi les frais occasionnés par ce procédé sont-ils incomparablement moindres que ceux auxquels oblige le traitement au moyen du pal distributeur, en usage jusqu'ici, et qui exigeait qu'on répétât l'infusion trois fois dans le cours d'une année. La profondeur de 0^{m},40, indiquée plus haut comme étant la plus convenable à l'introduction de la préparation insecticide, est parfaitement suffisante, en ce que le sulfure de carbone, ne s'évaporant qu'avec une extrême lenteur, tend à pénétrer par son poids spécifique dans les couches inférieures et à s'y répandre. En outre, un avantage particulier que présente le procédé préconisé ici est que, dans les lieux infestés, les ceps de la vigne devant nécessairement tous être mis à découvert, pour constater l'intensité et l'étendue du mal, on peut profiter du moment où ce travail important a lieu pour procéder à l'application du remède.

» A la place de la terre d'infusoires, il est une autre matière qu'on peut aussi employer pour l'absorption du sulfure de carbone, je veux dire le guano du Pérou. A l'analyse des cendres, cette matière montre très souvent sous le microscope des restes abondants de Diatomées, tels que ceux dont se compose la terre d'infusoires. Cette circonstance seule suffirait pour qu'on pût espérer un succès favorable de l'emploi du guano du Pérou, comme matière d'absorption du sulfure de carbone. En effet, le guano du Pérou est susceptible d'absorber la moitié de son poids de sulfure de carbone; de sorte que, pour introduire au pied d'un cep de vigne 10^{gr} de

l'insecticide, on n'a besoin que de 20^{gr} de guano; calcule-t-on maintenant par hectare la quantité voulue, on voit qu'elle est de 2,5 quintaux métriques = 250^{kg}. Avec ce procédé, il serait nécessaire, il est vrai, de répéter l'opération trois fois dans une année, ce qui, eu égard au prix du guano du Pérou, occasionnerait une augmentation de frais considérable, comparativement avec la terre d'infusoires comme matière absorbante. Toutefois, on y gagnerait d'un autre côté, car le riche engrais dont chaque cep de vigne doit être pourvu après l'emploi du sulfure de carbone au moyen de la terre d'infusoires, étant fourni par le guano du Pérou lui-même, offrirait une compensation plus que suffisante.

» Après l'avoir fait précéder de ces observations, j'ose prendre la liberté d'exposer ici une idée tout à fait nouvelle [1], ayant pour objet la destruction du Phylloxera.

» Chacun sait qu'à de certaines époques, dont les retours se produisent d'une façon aussi inexplicable qu'inattendue, des insectes nuisibles aux plantes et à la végétation font leur apparition en quantité vraiment surprenante. Non moins soudainement et d'une façon tout aussi inattendue, ces insectes disparaissent du sol comme s'ils en avaient été balayés; un temps assez long s'écoule sans qu'on en voie aucune trace, puis, tout à coup, il en reparaît des myriades sans qu'on sache comment et de quelle manière cela se fait. Toutefois, si l'apparition périodique de ces insectes est encore, partiellement du moins, un mystère pour la Science, leur disparition ne l'est plus : ils succombent, presque tous et par millions à la fois à des épidémies, éclatant tout à coup et dues à des formations végétales d'une petitesse infinie, à des champignons (*Myces*, *Mycetes*) que le microscope seul permet d'apercevoir et qui tous portent en eux des germes épidémiques. Chez les Diptères, les larves des Coléoptères et surtout chez les Chenilles, de semblables épidémies causées par les champignons ont été souvent observées et soumises à l'examen de la Science. Les Thallophytes qu'ils forment appartiennent généralement aux classes des Schizomycètes (species : *Bacterium*, *Vibrio*, *Micrococcus*, *Bacillus*, etc.), Pyrénomycètes (species : *Botrytis*, *Fumago*, *Cordiceps vel Isaria*, etc.) et

[1] M. le Dr Hamm n'avait pas connaissance des réflexions exposées dans la séance du 9 février au sujet de l'espoir à fonder, pour la destruction spontanée du Phylloxera, sur l'intervention de ses ennemis naturels. Son opinion, conçue d'une manière indépendante, venant confirmer et préciser celle qui était soumise il y a un mois à l'Académie, n'en a que plus d'intérêt. (*Note du Secrétaire perpétuel.*)

Basidiomycètes (species : *Entomophthora, Empusa*, etc.); leurs spores essaimants, et qui s'étendent souvent comme des harpons, s'attachent aux parties molles du corps des insectes, dans l'intérieur duquel leur mycélium rameux se développe avec une rapidité extraordinaire, sans manifestation extérieure, jusqu'à ce que ses branches perforent la peau et causent ainsi la mort de celui qui leur accorde cette hospitalité dangereuse, assurant en même temps par là leur propre reproduction. Si l'on considère la quantité extraordinaire des spores et la facilité extrême avec laquelle ils s'attachent et se colonisent, on ne saurait s'étonner que les maladies qu'ils produisent soient épidémiques, ni de ce que, parmi l'espèce des insectes affectés, une mort subite se répande avec les mêmes caractères sur un grand nombre d'individus.

» Chez les Chenilles du *Gastropacha pini*, qui tout à coup apparues par myriades ont souvent dévasté des forêts entières de Conifères, on a constaté à différentes reprises que le champignon Cordiceps, connu aussi sous la forme de conidies, comme *Isaria*, produit une épidémie qui, dans l'espace de quelques jours, détruit 80 pour 100 de ces malfaisants insectes; parmi les Chenilles de l'espèce Pieris (*P. brassicæ et rapæ*), le champignon *Entomophthora radicans* fait également son apparition avec un caractère épidémique. Parmi les épidémies produites par des champignons, celles qui ont été étudiées avec le plus de soin et d'exactitude sont les maladies des vers à soie : la muscardine, produite par le champignon *Botrytis bassiana ;* la pébrine ou maladie des corpuscules, dont la cause est un champignon pathogène de la famille des Bactéridies, *Nosema bombycis;* enfin la flacherie, produite par l'apparition simultanée des champignons *Micrococcus* et *Vibrio*. La pourriture des larves chez les Abeilles est également produite par une pullulation de Bactéridies. C'est en partie à de semblables épidémies qu'on doit aussi attribuer, dans les années où les hannetons font d'habitude leur apparition en masse, l'absence totale de ces insectes et autres Coléoptères, simplement parce que leurs larves ont péri par ces maladies : on a souvent observé de telles larves malades. Non moins fatal est ce mal contagieux aux Diptères, aux Hyménoptères, Abeilles, Bourdons, Cousins, Mouches, etc. Tout le monde connaît les Mouches domestiques enveloppées dans un plasma blanc rempli de spores de l'*Empusa muscæ*, dans leur singulière rigidité.

» Bref, on est arrivé à se demander si les Hémiptères (*Rhynchota*), particulièrement les Aphides, ne sont pas également soumis aux influences pernicieuses des champignons pathogènes. Leur organisation, la complexion

molle de leur corps autorisent cette supposition, et il y aurait, en effet, lieu de s'étonner beaucoup qu'ils ne le fussent pas. Jusqu'ici, aucune investigation, que je sache du moins, n'a été faite à cet égard, et pourtant il serait de la plus haute importance qu'on s'y livrât; car, si ces insectes à la peau tendre et délicate sont soumis à l'influence des champignons pathogènes, nous aurions trouvé peut-être un nouveau moyen d'essayer nos forces contre l'ennemi terrible de nos vignobles, en répandant partout où il se trouve des épidémies artificiellement produites par l'un ou l'autre des ferments ou des champignons pathogènes qui les engendrent.

» L'idée d'un pareil moyen n'est pas aussi théorique et inexécutable qu'il peut en avoir l'air à première vue. Il s'agirait, avant tout, de s'assurer si les Aphidiens, en général, sont accessibles à la contagion de certaines épidémies fongiques, et laquelle des espèces de *Protophyta* ou *Carposporeæ* est propre à produire sur eux l'effet destructif le plus prompt et le plus énergique; ensuite la question serait de produire, artificiellement et en énormes quantités, les mycètes pathogènes, pour les employer comme semence d'infection à répandre dans tous les lieux où le Phylloxera exerce ses ravages; ce qui, comme on le verra par les quelques explications qui vont suivre, ne présente pas la moindre difficulté. Il est notoirement connu, par exemple, que les myces *Micrococcus* et *Vibrio*, qui sont la cause de la flacherie chez les Vers à soie (le ferment moniliforme de M. Pasteur et la levûre putride de M. Hallier), peuvent être produits en aussi grandes masses qu'on le désire, au moyen d'infusions faites sur des insectes écrasés de quelque espèce qu'ils soient. On peut également produire et multiplier à l'infini et dans un épais fluide extractif, tel que, par exemple, la trempe de bière, différentes espèces de Schizomycètes et de Carpospores, qu'on rencontre avec le caractère épidémique chez les Chenilles et les larves des Coléoptères. Rien ne serait plus facile, cela une fois atteint, que de répandre et d'introduire dans le sol, en les mélangeant, pour en assurer la distribution à peu près égale, de sable fin ou d'engrais pulvérisé, les champignons ou myces ainsi cultivés, et amener de cette manière, par la peste, une mort prompte et certaine dans tous les lieux où se trouve l'insecte redouté. La chose se présente sous un jour d'autant plus clair que la ténacité bien connue de la vie chez les corpuscules germes des Bactéridies est une garantie de leur efficacité, même dans le sein de la terre. S'il y avait encore à ce sujet des doutes, les recherches faites dernièrement par M. Pasteur sur la cause du charbon ou anthrax seraient de nature à les lever, en ce que ce célèbre physicien attribue cette maladie à des Bactéridies qui se sont parfaitement

maintenues, développées et multipliées pendant dix mois à diverses profondeurs du sol, de sorte qu'elles sont en tout temps en état de propager la contagion qu'elles portent en elles. »

AGRONOMIE. — *Sur l'influence toxique que le mycélium des racines de la vigne exerce sur le Phylloxera.* Note de M. A. **Rommier**, présentée par M. P. Thenard.

(Renvoi à la Commission du Phylloxera).

« MM. Ch. Brongniart et Max. Cornu, d'une part, et M. Donkier de Donceel, d'autre part, viennent de publier des recherches très intéressantes sur l'empoisonnement des mouches et autres insectes par des champignons, et particulièrement par la levûre de bière.

» M. Dumas, partant de ces propositions, s'est demandé si les propriétés vénéneuses de certains champignons, dont on favoriserait le développement, ne seraient pas applicables à la destruction du Phylloxera.

» Le fait suivant, sans résoudre la question principale, vient cependant à l'appui de cette vue nouvelle : nous remarquons en effet depuis quatre ans que, sur des racines phylloxérées placées dans des flacons d'expériences entretenus à une température de 15° à 20°, s'il se développe un mycélium à longs filaments blancs, le Phylloxera disparaît, tandis qu'il pullule indéfiniment dans le cas contraire.

» Est-ce à dire que, pour détruire le Phylloxera, il faille pousser au développement de ce mycélium? Évidemment non, puisque son apparition est un signe de la mort prochaine de la vigne; mais le fait n'en rentre pas moins dans les idées avancées par MM. Dumas et Max. Cornu, sur l'influence que des végétaux d'un ordre inférieur peuvent exercer sur l'existence de l'insecte. Il explique aussi pourquoi, dans les vignes phylloxérées dont les racines se couvrent de moisissures, on ne rencontre presque plus de Phylloxeras. »

Observations verbales; par M. **Pasteur**.

« Je suis très heureux de constater que M. Dumas et M. Thenard, qui ont fait connaître les insecticides les plus parfaits contre le Phylloxera et qui en ont démontré l'efficacité, bien loin de s'arrêter à ce qui est définitive-

ment acquis, poussent en avant les observateurs et les pressent dans une voie nouvelle d'études et d'expériences. Cette voie nouvelle est précisément celle que j'aurais aimé à suivre si d'autres études m'avaient laissé le loisir de m'occuper du terrible fléau. Il faut applaudir à la découverte et à l'application déjà si fructueuse des insecticides, sans oublier que leur action est locale. Quand la vie a une puissance égale à celle qui se manifeste dans la reproduction du Phylloxera, c'est par la vie principalement et par une puissance de reproduction supérieure qu'on peut espérer triompher. Comme toutes les espèces vivantes, le Phylloxera doit avoir ses maladies, ses parasites, des causes naturelles de destruction.

» Je rechercherais ces maladies et ces parasites. De ces derniers j'étudierais les propriétés, afin de savoir s'il n'est pas possible de les multiplier et de les opposer au Phylloxera. En 1865, la race des vers à soie était bien près d'être anéantie en France par l'organisme microscopique désigné sous le nom de *corpuscule de Cornalia*, et cela alors même qu'on faisait tout pour éloigner cet ennemi du précieux insecte. Ici, et en ce qui concerne le Phylloxera, il faut tenter de renverser le problème. Cherchons à l'espèce Phylloxera un parasite, et, loin de combattre ce dernier, faisons qu'il se multiplie et s'attache au Phylloxera jusqu'à le détruire, comme il eût été si facile de détruire la race ver à soie par le parasite corpuscule de la pébrine. »

M. Émile Blanchard, à la suite de la précédente Communication, rappelle qu'il s'est désintéressé de la question du Phylloxera, les opérations n'ayant pas été conduites selon le vœu des naturalistes; il n'a pris aucune part aux récentes discussions qui se sont élevées à ce sujet dans le sein de l'Académie. Dans la circonstance actuelle, il regarde pourtant comme un devoir de ne pas laisser se propager des illusions, naître des espérances qui seraient fatalement déçues.

Il est réel que les animaux en général se trouvent exposés aux atteintes de parasites et que des individus périssent, en nombre plus ou moins notable, suivant les conditions d'existence des espèces; mais il est avéré, par les études d'une foule d'investigateurs, que les destructions accomplies dans la nature par les êtres parasites demeurent toujours, relativement à la quantité des individus, dans des proportions restreintes. Il est donc impossible de s'arrêter à l'idée de répandre un parasite chargé d'anéantir le Phylloxera.

Lorsqu'on cite l'exemple des vers à soie frappés d'affections mortelles ou succombant en grandes masses envahis par un végétal parasite, on ou-

blie que nulle comparaison ne saurait être faite entre le Phylloxera, vivant sous terre dans une sauvage indépendance, et le ver à soie, maintenu hors des voies de la nature et marqué d'ailleurs de tous les signes de la dégénérescence amenée par l'état de domesticité. A l'époque où la *muscardine* apparut dans les magnaneries, on ne tarda point à reconnaître que la terrible maladie des vers à soie était due à la présence d'un champignon parasite, un *Bothrytis;* l'observation, alors mise en éveil, procura la connaissance d'affections analogues chez différents insectes. On put acquérir ainsi des preuves que, pour chaque espèce, la plupart des individus échappent aux parasites.

A l'égard des insecticides imaginés en vue de la destruction du Phylloxera, M. Émile Blanchard rappelle ses efforts pour arrêter une confiance exagérée. Il signale l'innocuité de substances acides ou alcalines sur les téguments des insectes; il énumère les causes qui rendent fort difficile l'asphyxie complète des bêtes souterraines au moyen de gaz délétères, qui s'échappent dans un court espace de temps. L'exemple des submersions prolongées pendant six semaines sans avoir fait périr tous les Phylloxeras est démonstratif.

Relativement à la façon d'interpréter ses paroles comme une manière de décourager les investigateurs, M. Émile Blanchard n'a qu'une réponse bien simple à faire : c'est lui qui, dès l'année 1871, au moment où l'Administration promettait un gros prix à l'inventeur d'un procédé capable de détruire le Phylloxera, insistait énergiquement pour qu'on demandât une « étude très parfaite de l'animal nuisible, de son organisation, des condi-
» tions de son existence, de son mode de propagation », une pareille étude devant conduire à discerner dans quelle direction il faudrait opérer pour arriver au but ([1]). »

Réponse de M. Pasteur *à M. Blanchard.*

« Notre excellent confrère M. Blanchard vient de traiter non sans un certain dédain les observations que MM. Dumas, Thenard et moi nous avons présentées. Ce sont pour lui des illusions contre lesquelles c'est son devoir, dit-il, de prémunir les viticulteurs et les savants. Que M. Blanchard me permette de lui dire qu'il a raisonné en naturaliste et non en expérimentateur. Il nous rappelle que, s'il est d'accord avec nous sur ce point que

---

([1]) *L'Instruction générale en France* (*Revue des Deux-Mondes*, 15 octobre 1871, p. 822).

les espèces animales ont des parasites qui causent certains ravages, on n'a jamais vu ces ennemis anéantir toute une espèce. Mais je demande que, après avoir recherché et découvert certains ennemis naturels microscopiques du Phylloxera, on tente de les multiplier et de les opposer à cette race maudite : on fera alors de l'expérimentation. M. Blanchard met en relief la puissance de reproduction du Phylloxera : je vais lui citer des faits d'histoire naturelle qui lui montreront que la multiplication extraordinaire du Phylloxera n'est qu'une niaiserie à côté de la puissance de vie et de propagation de certains parasites. La salle qui nous rassemble en ce moment est bien grande; elle a des centaines de mètres cubes de capacité. Je me ferais fort de la remplir d'un liquide de nature telle, que, en y semant un organisme microscopique parasite des Gallinacés, dans l'intervalle de quelques heures tout ce vase de capacité immense serait troublé par la présence du parasite, et en si grande abondance, que tous les Phylloxeras du monde seraient, pour leur nombre comparé au nombre des individus du parasite dont je parle, comme une goutte d'eau dans la mer. Je me place ainsi sur le terrain de l'Histoire naturelle, mais de l'Histoire naturelle expérimentale.

» M. Blanchard ne voit qu'illusions dans les idées qui viennent d'être émises. Je prends la liberté de lui rappeler que les illusions de l'expérimentateur sont une grande partie de sa force; ce sont les idées préconçues qui lui servent de guide. De celles-ci beaucoup, le long du chemin qu'il parcourt, s'évanouissent; mais, un beau jour, il reconnaît et il prouve que certaines d'entre elles sont adéquates à la vérité. Alors il se trouve maître de faits et de principes nouveaux dont les applications, tôt ou tard, répandent leurs bienfaits. »

M. **J. de Merényi** adresse un Mémoire sur la solution de divers problèmes de Géométrie.

(Commissaires : MM. Hermite, O. Bonnet, Puiseux.)

M. **Ménétrier** adresse une Note sur la propagation de la lumière et son application à la théorie de l'arc-en-ciel.

(Commissaires : MM. Desains, Cornu.)

M. **Is. Coffin** adresse de New-York, par l'entremise de la Légation des États-Unis, un Mémoire relatif à un traitement du choléra.

(Renvoi à la Commission du legs Bréant.)

CORRESPONDANCE.

M. **Audigé**, M. **Bourgoin**, M. **Boutmy**, M. **Ed. Collignon**, M. **Crafts**, M. **Davaine**, M. **Dujardin-Beaumetz**, M. **François-Franck**, M. **Gréhant**, M. **Haro**, M. **Leuduger-Fortmorel**, M. **Riban**, M. **Simonin**, M. **Souillart**, M. **Studer**, M. **Thollon**, M. **Toussaint** adressent leurs remercîments à l'Académie pour les distinctions dont leurs travaux ont été l'objet dans la dernière séance publique.

M. **Périgaud**, M. **Perrotin** prient l'Académie de vouloir bien les comprendre parmi les candidats à la place d'Astronome titulaire, vacante à l'Observatoire de Paris.

(Renvoi à la Section d'Astronomie.)

M. le **Ministre de la Guerre** adresse, pour la bibliothèque de l'Institut, le Tome XXXV (3e série) du « Recueil des Mémoires de Médecine, de Chirurgie et de Pharmacie militaires ».

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Un Volume adressé de Vienne par M. *de Burg* et relatif à l'efficacité des soupapes de sûreté adaptées aux chaudières. (Renvoi à la Section de Géographie et Navigation.)

2° Un Volume adressé par M. *S.-L. Schenck*, de l'Université de Vienne, sous le titre « Mittheilungen aus dem embryologischen Institute, I. Band ». (Renvoi à M. Robin.)

3° La seconde année des « Revues scientifiques » publiées sous la direction de M. *P. Bert*.

4° Une Brochure de M. *E. Trélat*, intitulée « Note sur l'effondrement du marché du Château-d'Eau ».

5° Deux Lettres de M. *Forel* et de M. *Soret*, concernant les « seiches dicrotes ». (Extrait des *Archives de Genève*.)

ASTRONOMIE. — *Ephéméride de la planète* (103) *Héra, pour l'opposition de 1880.* Note de M. O. Callandreau, présentée par M. Mouchez.

Minuit T. M. de Berlin 1880.	Æ apparente.	Différence.	Déclinaison apparente.	Différence.	log Δ.	Temps d'aberration.
	h m s	s	° ′ ″	′ ″		m s
Avril 1 ..	13.46.20,95	−44,44	−2.55.38,5	+6. 1,2		
2 ..	13.45.36,51	−45,16	−2.49.37,3	+6. 1,2	0,25894	15. 4
3 ..	13.44.51,35	−45,82	−2.43.36,1	+6. 1,0		
4 ..	13.44. 5,53	−46,42	−2.37.35,1	+6. 0,5		
5 ..	13.43.19,11	−46,96	−2.31.34,6	+5.59,6		
6 ..	13.42.32,15	−47,45	−2.25.35,0	+5.58,1	0,25586	14.57
7 ..	13.41.44,70	−47,88	−2.19.36,9	+5.56,4		
8 ..	13.40.56,82	−48,27	−2.13.40,5	+5.54,2		
9 ..	13.40. 8,55	−48,59	−2. 7.46,3	+5.51,7		
10 ..	13.39.19,96	−48,85	−2. 1.54,6	+5.48,8	0,25384	14.53
11 ..	13.38.31,11	−49,05	−1.56. 5,8	+5.45,5		
12 ..	13.37.42,06	−49,20	−1.50.20,3	+5.41,8		
13 ..	13.36.52,86	−49,29	−1.44.38,5	+5.37,7		
14 ..	13.36. 3,57	−49,31	−1.39. 0,8	+5.33,4	0,25291	14.51
15 ..	13.35.14,26	−49,27	−1.33.27,4	+5.28,5		
16 ..	13.34.24,99	−49,19	−1.27.58,9	+5.23,4		
17 ..	13.33.35,80	−49,05	−1.22.35,5	+5.18,0		
18 ..	13.32.46,75	−48,84	−1.17.17,5	+5.12,1	0,25307	14.51
19 ..	13.31.57,91	−48,58	−1.12. 5,4	+5. 6,0		
20 ..	13.31. 9,33	−48,27	−1. 6.59,4	+4.59,6		
21 ..	13.30.21,06	−47,92	−1. 1.59,8	+4.52,9		
22 ..	13.29.33,14	−47,50	−0.57. 6,9	+4.45,9	0,25430	14.54
23 ..	13.28.45,64	−47,04	−0.52.21,0	+4.38,7		
24 ..	13.27.58,60	−46,53	−0.47.42,3	+4.31,2		
25 ..	13.27.12,07	−45,97	−0.43.11,1	+4.23,4		
26 ..	13.26.26,10	−45,36	−0.38.47,7	+4.15,4	0,25656	14.59
27 ..	13.25.40,74	−44,71	−0.34.32,3	+4. 7,2		
28 ..	13.24.56,03	−44,02	−0.30.25,1	+3.58,9		
29 ..	13.24.12,01	−43,29	−0.26.26,2	+3.50,2		
30 ..	13.23.28,72	−42,50	−0.22.36,0	+3.41,3	0,25980	15. 5
Mai 1 ..	13.22.46,22	−41,66	−0.18.54,7	+3.32,1		
2 ..	13.22. 4,56	−40,80	−0.15.22,6	+3.22,8		
3 ..	13.21.23,76	−39,89	−0.11.59,8	+3.13,3		
4 ..	13.20.43,87	−38,93	−0. 8.46,5	+3. 3,7	0,26397	15.14
5 ..	13.20. 4,94	−37,94	−0. 5.42,8	+2.53,9		
6 ..	13.19.27,00	−36,91	−0. 2.48,9	+2.43,9		
7 ..	13.18.50,09	−35,85	−0. 0. 5,0	+2.33,9		
8 ..	13.18.14,24	−34,75	+0. 2.28,9	+2.23,7	0,26899	15.25
9 ..	13.17.39,49	−33,61	+0. 4.52,6	+2.13,4		
10 ..	13.17. 5,88	−32,44	+0. 7. 6,0	+2. 3,1		
11 ..	13.16.33,44	−31,25	+0. 9. 9,1	+1.52,8		
12 ..	13.16. 2,19		+0.11. 1,9		0,27478	15.37

La planète est de 10-11e grandeur. Elle sera en opposition au milieu d'avril.

ASTRONOMIE. — *Lois concernant la distribution des astres du système solaire.* Note de M. L. Gaussin.

« 1° *Les distances des planètes au Soleil et celles des satellites à leur planète sont en progression géométrique :*

(1) $$a = \alpha k^n.$$

» D'après l'énoncé de cette loi, il ne faudrait pas croire que, dans chaque système, le premier satellite occupe le premier rang dans la progression, ni qu'il ne peut y avoir de lacunes dans la succession des satellites.

» *Système de Jupiter.* — Si l'on prend les rapports successifs des distances des satellites à la planète, on obtient les nombres 1,59, 1,60, 1,76, qui diffèrent peu les uns des autres. Puisqu'il s'agissait de rapports, j'ai préféré faire la moyenne géométrique plutôt que la moyenne arithmétique. Les deux résultats sont d'ailleurs presque identiques, et les conclusions qu'on en tire ne sont point changées. Le rapport moyen étant ainsi obtenu provisoirement, je l'introduis dans la formule (1) et je détermine les valeurs correspondantes de α et de n. C'est ainsi que j'ai vu que le premier satellite occupe la troisième place dans la progression, le deuxième la quatrième, et ainsi de suite. Les rangs des satellites étant connus, je reviens à la formule (1), dans laquelle je détermine définitivement α et k, et je trouve $k = 1,6425$, $\alpha = 1,336$.

» Le Tableau suivant fait ressortir l'accord que présentent le calcul et l'observation :

	Premier satellite.	Deuxième satellite.	Troisième satellite.	Quatrième satellite.
Distances calculées...	5,92	9,72	15,97	26,23
Distances réelles.....	6,05	9,62	15,35	27,00

» *Système d'Uranus.* — En procédant pour Uranus comme pour Jupiter, on trouve qu'Ariel occupe la cinquième place dans la progression, Umbriel la sixième, etc. ; $k = 1,469$, $\alpha = 1,035$.

	Ariel.	Umbriel.	Titania.	Obéron.
Distances calculées...	7,08	10,39	15,27	22,43
Distances réelles.....	7,13	9,94	16,30	21,80

» *Système de Mars.* — Dans ce système, α peut être considéré comme

égal à l'unité : la différence n'est que de $\frac{1}{2000}$, $k = 2,5844$; Phobos occupe la première place de la progression et Deïmos la deuxième.

	Phobos.	Deïmos.
Distances calculées......	2,584	6,679
Distances réelles........	2,585	6,669

» *Système de Saturne.* — Dans le système de Saturne, les satellites, y compris les anneaux, sont au nombre de onze. Un premier examen suffit pour faire reconnaître que, bien que ce nombre soit plus élevé que dans les autres systèmes, la progression présente quelques lacunes. D'autre part, la raison k est voisine de l'unité ; il en résulte, vu les perturbations qui se sont produites dans la position des satellites, une certaine indécision. La discussion des chiffres prouve qu'il doit y avoir une place vacante entre l'anneau extérieur et Mimas, très probablement trois entre Rhéa et Titan, et un peu moins sûrement trois autres aussi entre Hypéron et Japhet ; de sorte que ce dernier satellite occuperait la dix-huitième place dans la progression, l'anneau obscur se trouvant à la première. Cela admis, j'ai obtenu $k = 1,2577$, $\alpha = 1,0881$.

	Anneau obscur.	Premier anneau brillant.	Deuxième anneau brillant.	Mimas.	Encelade.	Thétis.	Dioné.	Rhéa.	Titan.	Hypérion.	Japhet.
Dist. calculées.	1,37	1,72	2,16	3,42	4,31	5,42	6,81	8,57	21,45	26,97	67,50
Dist. réelles...	1,35	1,72	2,12	3,35	4,30	5,28	6,82	9,52	22,08	26,78	64,36

» *Nota.* — Les distances des anneaux sont les rayons de gyration, la densité de chaque anneau étant supposée uniforme.

La découverte d'un ou de plusieurs nouveaux satellites viendrait lever toute indécision. Mais, quelle que soit l'hypothèse qui prévaudra, il est certain que les satellites pourront être considérés comme rangés en une progression dont la raison différera très peu de celle que j'ai cru devoir adopter.

» *Système solaire.* — En exprimant les demi-grands axes des orbites des planètes en rayons du Soleil, on obtient le tableau suivant :

Mercure.	Vénus.	La Terre.	Mars.	Pl. télesc.	Jupiter.	Saturne.	Uranus.	Neptune.
83,014	155,12	214,45	326,76	588,57	1115,76	2045,65	4113,86	6445,40

» En résolvant l'équation $a = \alpha k^n$, on trouve $\alpha = 1$, $k = 1,7226$. La moyenne des rapports successifs donne la valeur, presque identique, $k = 1,7229$. On reconnaît en outre que Mercure occupe le huitième rang dans la progression, Vénus le neuvième, et ainsi de suite jusqu'à Neptune, qui occupe le seizième.

» En exprimant les distances des planètes au moyen du demi-grand axe de l'orbite terrestre, comme on le fait d'habitude, on obtient le tableau suivant :

Places......	8ᵉ	9ᵉ	10ᵉ	11ᵉ	12ᵉ	13ᵉ	14ᵉ	15ᵉ	16ᵉ
Planètes....	Mercure.	Vénus.	La Terre.	Mars.	Pl. télesc.	Jupiter.	Saturne.	Uranus.	Neptune.
Dist. calc...	0,362	0,623	1,073	1,848	3,183	5,483	9,445	16,269	28,025
Dist. réelles.	0,387	0,723	1,000	1,524	2,745	5,203	9,539	19,183	30,055

» On me permettra de faire valoir en faveur de la loi le secours que Le Verrier en aurait tiré pour déterminer une position approchée de Neptune.

» Mercure occupant le huitième rang, cela ne veut pas dire qu'il doit exister sept autres planètes plus rapprochées du Soleil. Mais, puisque l'attention se porte sur la possibilité de découvrir quelques planètes intramercurielles, on trouvera dans le tableau suivant les distances des places qu'elles pourraient occuper, le rayon du Soleil étant l'unité :

Places.........	1ʳᵉ	2ᵉ	3ᵉ	4ᵉ	5ᵉ	6ᵉ	7ᵉ
Distances.....	1,7	3,0	5,1	8,8	15,2	26,1	45,0

» De même, on trouverait qu'une planète située au delà de Neptune devrait être à la distance 48,3, exprimée au moyen du demi-grand axe de l'orbite terrestre ([1]). »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les formules de quadrature à coefficients égaux.* Note de M. R. Radau.

« La formule $\int_{-1}^{+1} \varphi(x)dx = \Sigma A \varphi(a)$ possède le *degré de précision* $n+m-1$ [en d'autres termes, elle se trouve exacte toutes les fois que $\varphi(x)$ est une fonction entière d'un degré inférieur à $n+m$] si les $2n$ constantes $a, b, \ldots, A, B, \ldots$ satisfont aux relations

$$\Sigma A a^h = \int_{-1}^{+1} x^h dx \quad (h = 0, 1, \ldots, n+m-1).$$

([1]) Dans les différents systèmes que nous avons passés en revue, la valeur du coefficient α se trouve, à une exception près, égale à l'unité ou très voisine de l'unité. Pour la rendre partout égale à 1, il suffirait de changer l'unité au moyen de laquelle on évalue les distances. On pourrait aussi modifier en conséquence les valeurs de n et de k; mais, tant qu'on ne connaîtra pas la signification théorique des coefficients, on ne peut pas se considérer comme autorisé à agir ainsi.

» Le maximum de précision s'obtient en prenant $m = n$. C'est le cas de la formule de Gauss, qui atteint le degré de précision $2n-1$.

» Parmi les cas particuliers que l'on peut encore considérer, celui où tous les coefficients ont la même valeur numérique n'est pas le moins important; il a été déjà étudié par M. Tchebychef, mais il ne sera pas sans intérêt d'aborder la question par une autre voie.

» En faisant $A = B = C = \ldots$ dans la formule $\int \varphi(x)dx = \Sigma A\, \varphi(a)$, on voit tout de suite qu'on obtiendra le degré de précision $2i+1$ avec $2i$ ou $2i+1$ ordonnées symétriques; on a ensuite (pour $n = 2i$ ou $2i+1$)

$$A = \frac{2}{n}, \quad \Sigma a^2 = \frac{n}{6}, \quad \Sigma a^4 = \frac{n}{10}, \quad \ldots, \quad \Sigma a^{2i} = \frac{n}{2i+1},$$

les sommes ne comprenant plus que i termes, et les coefficients de l'équation $F(x) = 0$, qui fournit les abscisses $\pm a$, $\pm b$, ..., s'expriment facilement par les sommes des puissances des racines. Un calcul très simple donne

$$x^n - \frac{n}{6}x^{n-2} + \left(\frac{n^2}{72} - \frac{n}{20}\right)x^{n-4} - \left(\frac{n^3}{1296} - \frac{n^2}{120} + \frac{n}{42}\right)x^{n-6} \pm \ldots = 0.$$

Pour $n = 1$ et $n = 2$, on retombe sur la méthode de Gauss. Pour $n = 8$, on a deux racines réelles ($\pm 0{,}901494$) et six racines imaginaires.

» Lorsqu'il s'agit de l'intégrale $\int \varphi(x)x\,dx$, il faut prendre un nombre pair d'ordonnées ($n = 2i$) et poser

$$\int_{-1}^{+1} \varphi(x)x\,dx = A\,\Sigma[\varphi(a) - \varphi(-a)] \quad \text{(degré de pr. } n+2\text{)}.$$

» En désignant par s, s_3, s_5, ... les sommes des puissances impaires des i racines a, b, ..., les équations de condition sont ici

$$\frac{1}{A} = 3s = 5s_3 = 7s_5 = \ldots = (n+3)s_{n+1}.$$

Pour les résoudre, considérons l'équation $x^i - p_1 x^{i-1} + p_2 x^{i-2} \pm \ldots = 0$. En faisant $\Delta_m = \frac{1}{m}(s^m - s_m)$, la théorie des fonctions symétriques fournit les relations

$$s = p_1, \quad \Delta_3 = p_1 p_2 - p_3, \quad \Delta_5 = (p_1^2 - p_2)\Delta_3 + p_1 p_4 - p_5,$$
$$\Delta_7 = (p_1^2 - p_2)\Delta_5 + (p_1 p_3 - p_4)\Delta_3 + p_1 p_6 - p_7,$$
$$-\tfrac{1}{3}\Delta_3^3 + \Delta_9 = (p_1^2 - p_2)\Delta_7 + (p_1 p_3 - p_4)\Delta_5 + (p_1 p_5 - p_6)\Delta_3 + p_1 p_8 - p_9,$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

» On a ainsi le moyen d'exprimer les coefficients p en fonction de s et d'établir l'équation qui fournit les valeurs de s. Pour $n=4$ on trouve

$$s^4 - 3s^2 + \frac{72}{35} = 0, \quad x^2 - sx + \frac{s^2}{3} - \frac{1}{5} = 0,$$

d'où l'on tire les deux systèmes de valeurs

$$\begin{array}{l|l} a = 0,8490469 & 0,8922365, \\ b = 0,1809264 & 0,5002990, \\ \mathrm{A} = 0,3236330 & 0,2393715; \end{array}$$

pour $n=6$

$$s^8 - 9s^6 + 27s^4 - \frac{159}{5}s^2 + \frac{72}{7} = 0, \quad x^3 - sx^2 + s^2x - s^3 - (x-s)\frac{\Delta_5}{\Delta_3} + \Delta_3 = 0,$$

d'où, en conservant seulement les racines réelles,

$$\begin{array}{l|l} a = 0,929306 & +0,862970, \\ b = 0,712155 & -0,763695, \\ c = 0,442984 & +0,612544, \\ \mathrm{A} = 0,159915 & 0,468284. \end{array}$$

Les constantes de la formule

$$\int_{-1}^{+1} \varphi(x) \frac{x\,dx}{\sqrt{1-x^2}} = \mathrm{A}\,\Sigma[\varphi(a) - \varphi(-a)]$$

se déterminent de la même manière; il n'y a de changé que les coefficients numériques des équations, car les conditions sont ici

$$\frac{\pi}{4\mathrm{A}} = s = \frac{4}{3}s_3 = \frac{8}{5}s_5 = \frac{64}{35}s_7 = \ldots.$$

Mais la solution se présente plus nettement lorsqu'on fait $x = \cos\vartheta$, $a = \cos\alpha, \ldots,$ et la formule ci-dessus est comprise dans la suivante :

$$\int_0^\pi \varphi(\cos\vartheta)\cos\lambda\vartheta\,d\vartheta = \Sigma\mathrm{A}\,\varphi(\cos\alpha).$$

Comme $\cos h\vartheta$ est une fonction entière de $\cos\vartheta$, les équations de condition pourront s'écrire

$$\Sigma\mathrm{A}\cos h\alpha = \int_0^\pi \cos h\vartheta \cos\lambda\vartheta\,d\vartheta = 0 \quad [h \gtrless \lambda]$$

$$\Sigma\mathrm{A}\cos\lambda\alpha = \frac{\pi}{2} \quad (=\pi \text{ pour } \lambda = 0).$$

» Dans le cas de $\lambda = 0$, si l'on prend tous les coefficients égaux, $A = \frac{\pi}{n}$, puis $\Sigma \cos h\alpha = 0$. Cette condition est remplie, jusqu'à $h = 2n - 1$, en faisant $\alpha = \frac{\pi}{2n}, \frac{3\pi}{2n}, \ldots, \frac{2n-1}{2n}\pi$; et l'on retrouve ainsi une formule dont M. Hermite et M. Mehler ont donné d'autres démonstrations. Pour $\lambda > 0$ on prendra les A égaux, mais avec des signes alternants, de sorte que les équations deviennent $\Sigma \pm \cos h\alpha = 0$. Pour les résoudre, il suffit de prendre $n = 2i\lambda$ et $\alpha = \frac{\alpha_p + k\pi}{\lambda}$ $(k = 0, 1, \ldots, 2\lambda - 1)$. En effet, $\sum^{k} \pm \cos h\alpha$ s'annule alors, quel que soit α_p, excepté les cas où h est un multiple impair de λ, et les inconnues A, $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_i$ se déterminent par les relations

$$\frac{\pi}{4\lambda} = A\Sigma \cos\alpha_p, \quad \Sigma \cos 3\alpha_p = \Sigma \cos 5\alpha_p = \ldots = \Sigma \cos(2i+1)\alpha_p = 0.$$

On a finalement

$$\int_0^\pi \varphi(\cos\vartheta) \cos\lambda\vartheta \, d\vartheta = A \sum_{p=1}^{p=i} \sum_{k=0}^{k=2\lambda-1} (-1)^k \varphi\left(\cos\frac{\alpha_p + k\pi}{\lambda}\right) \text{ (deg. de pr. } n + 3\lambda - 1),$$

formule à laquelle M. Tchebychef arrive par une voie différente. Pour $i = 1$ on aurait $\alpha = \frac{\pi}{6}$; pour $i = 2$, je trouve $\alpha_1 = \frac{1}{15}\pi$, $\alpha_2 = \frac{4}{15}\pi$ ou bien $\alpha_1 = \frac{2}{15}\pi$, $\alpha_2 = \frac{7}{15}\pi$; pour $i = 3$, on a les quatre solutions

$\alpha_1 =$	46°.49′.15″	98°.48′.24″	85°.40′.29″	56°. 3′.22″,5,
$\alpha_2 =$	142. 9.9	65.26.17,5	41.55.40,5	26.56.11,5,
$\alpha_3 =$	22.43.29	19.40.20	11.59.31	11.40.13,5.

Ajoutons que le degré de précision $2n - 1$ s'obtient aussi en faisant

$$\int_0^\pi \varphi(\cos\vartheta) \, d\vartheta = \frac{\pi}{n}\left[\frac{\varphi(1) + \varphi(-1)}{2} + \sum_{k=1}^{k=n-1} \varphi\left(\cos\frac{k\pi}{n}\right)\right]. \text{ »}$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les systèmes formés d'équations linéaires à une seule variable indépendante.* Note de M. G. **Darboux.**

« Considérons le système d'équations linéaires du premier ordre

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{dx_1}{dt} = a_{11}x_1 + \ldots + a_{1n}x_n, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ \dfrac{dx_n}{dt} = a_{n1}x_1 + \ldots + a_{nn}x_n; \end{cases}$$

où $a_{11}, \ldots, a_{nn}$ désignent des fonctions quelconques de t. On sait que l'on peut toujours ramener au type précédent tout système d'équations linéaires ou toute équation linéaire d'un ordre quelconque.

» Le système (1) a, en général, n intégrales linéaires de la forme

$$\begin{gathered} \alpha_{11}x_1 + \ldots + \alpha_{1n}x_n = C_1, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ \alpha_{n1}x_1 + \ldots + \alpha_{nn}x_n = C_n; \end{gathered}$$

mais il peut admettre aussi des intégrales d'ordre supérieur au premier. Si les coefficients a_{ik} sont des fonctions rationnelles de t, les intégrales linéaires précédentes seront, en général, irrationnelles ou transcendantes; mais il pourra exister des intégrales de degré supérieur qui seront algébriques et rationnelles.

» Considérons, par exemple, l'équation

$$2A\frac{d^2z}{dt^2} + \frac{dA}{dt}\frac{dz}{dt} - 2z = 0$$

Les deux intégrales premières linéaires sont

$$\begin{gathered} e^{-\int\frac{dt}{\sqrt{A}}}\left(z + \sqrt{A}\frac{dz}{dt}\right) = C, \\ e^{+\int\frac{dt}{\sqrt{A}}}\left(z - \sqrt{A}\frac{dz}{dt}\right) = C', \end{gathered}$$

et elles peuvent être irrationnelles ou transcendantes, tandis que l'intégrale du second degré

$$z^2 - A\frac{dz^2}{dt^2} = CC'$$

est algébrique et rationnelle toutes les fois que A est rationnelle.

» Je me propose dans cette Note de m'occuper précisément de ces intégrales rationnelles de degré supérieur, intégrales qui existent d'ailleurs toujours toutes les fois que les fonctions les plus générales satisfaisant au système (1) sont algébriques, et de faire connaître à leur égard une proposition dont les applications sont étendues.

» Soit

$$f(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \mathrm{C}$$

une telle intégrale. Elle doit satisfaire identiquement à l'équation aux dérivées partielles

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial x_1}(a_{11}x_1 + \ldots) + \ldots + \frac{\partial f}{\partial x_n}(a_{n1}x_1 + \ldots) = 0,$$

et la forme de cette équation prouve que, si $f(x_1, \ldots, x_n)$ n'est pas homogène par rapport à $x_1, \ldots, x_n$, chacune des fonctions homogènes dans lesquelles elle peut être décomposée, égalée séparément à une constante, donne une intégrale du système (1). Nous pouvons donc, dans ce qui va suivre, considérer seulement les intégrales homogènes, et voici la proposition à laquelle elles donnent lieu :

» *Si la fonction homogène $f(x_1, \ldots, x_n)$ est une intégrale du système* (1), *tout covariant de cette forme multiplié par une puissance convenable d'une fonction connue de t sera également une intégrale du même système.*

» Soient, en effet,

$$\begin{array}{c} x_1^1, \ldots, x_n^1, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots, \\ x_1^n, \ldots, x_n^n \end{array}$$

n systèmes de solutions particulières du système (1). Les solutions les plus générales de ce système seront fournies par les formules

$$(2) \qquad \left\{ \begin{array}{l} x_1 = \mathrm{C}_1 x_1^1 + \ldots + \mathrm{C}_n x_1^n, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ x_n = \mathrm{C}_1 x_n^1 + \ldots + \mathrm{C}_n x_n^n, \end{array} \right.$$

et si l'on substitue ces valeurs de $x_1, \ldots, x_n$ dans la fonction f, il faudra, puisqu'elle est une intégrale, qu'elle se réduise à une constante, c'est-à-dire à une certaine fonction

$$\varphi(\mathrm{C}_1, \mathrm{C}_2, \ldots, \mathrm{C}_n)$$

indépendante de t.

» Or les formules (2) peuvent être considérées comme définissant une substitution linéaire qui remplace dans f les variables x_i par les variables C_i.

Tout covariant F de f multiplié par une puissance convenable (négative) du déterminant de la substitution (2) se transformera donc dans le covariant analogue formé avec la fonction $\varphi(C_1, \ldots, C_n)$, c'est-à-dire dans une nouvelle intégrale. La proposition est donc établie.

» On peut d'ailleurs la vérifier par un calcul direct.

» La démonstration précédente s'étend sans difficulté au cas où l'on a plusieurs intégrales et où l'on considère un covariant quelconque du système de ces formes.

» Il est aisé de trouver la valeur du déterminant de la substitution (2). Si on le désigne par Δ, on obtiendra sans peine, en le différentiant, la formule

$$\frac{d\Delta}{dt} = \Delta(a_{11} + a_{22} + \ldots + a_{nn}),$$

et, par conséquent, l'on a

$$\Delta = C e^{\int(a_{11}+\ldots+a_{nn})\,dt}.$$

» La proposition principale établie dans cette Note peut être étendue et s'applique, avec les modifications convenables, aux contrevariants de $f(x_1, \ldots, x_n)$; ce sera, si l'Académie veut bien le permettre, l'objet d'une nouvelle Communication. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Démonstration d'un théorème de M. Sylvester sur les diviseurs d'une fonction cyclotomique.* Note du P. **Pepin**, présentée par M. Hermite.

« Dans la séance du 16 février 1880, M. Sylvester a énoncé ce beau théorème, que *les diviseurs de la fonction* $x^3 - 3x + 1$ *sont* 3 *et tous les nombres premiers de la forme* $18l \pm 1$ *exclusivement*. Ce résultat est d'autant plus remarquable que c'est, je crois, le premier exemple connu d'une forme cubique dont les diviseurs soient distingués des non-diviseurs par leurs formes linéaires.

» On obtient une démonstration simple de ce théorème en ajoutant au théorème de Fermat les deux suivants :

» I. *Toute racine commune à deux congruences de même module*

$$x^m - 1 \equiv 0, \quad x^n - 1 \equiv 0 \pmod{p}$$

satisfait à la congruence $x^\omega - 1 \equiv 0 \pmod{p}$, *où l'on désigne par* ω *le plus grand diviseur commun des deux nombres* m *et* n.

» II. *Si les deux nombres entiers f, g satisfont à la congruence*

$$f^2 - ng^2 \equiv 1 \pmod{p},$$

où l'on désigne par n un non-résidu quadratique du nombre premier p, le nombre complexe $t = f + q\sqrt{n}$ *vérifie la congruence*

$$t^{p+1} - 1 \equiv 0 \pmod{p}.$$

» Soit p un nombre premier $3l \pm 1$, et supposons que la congruence

(1) $$x^3 - 3x + 1 \equiv 0 \pmod{p}$$

admette une solution rationnelle x. Si nous posons

(2) $$t = \frac{x + \sqrt{x^2 - 4}}{2}, \quad t' = \frac{x - \sqrt{x^2 - 4}}{2},$$

les deux nombres t, t' vérifient les deux formules

(3) $$t + t' = x, \quad tt' = 1.$$

En remplaçant x par $t + \frac{1}{t}$ dans la fonction considérée, on a

(4) $$x^3 - 3x + 1 = t^3 + \frac{1}{t^3} + 1 = \frac{t^9 - 1}{t^3(t^3 - 1)}.$$

» Supposons d'abord x donné, et cherchons quelle doit être la forme d'un diviseur p de la fonction $x^3 + 3x + 1$. Il faut distinguer deux cas, suivant que $x^2 - 4$ est résidu quadratique de p ou non. Dans le premier cas, on résout la congruence $x^2 - 4 \equiv y^2 \pmod{p}$, et l'on a (théorème de Fermat)

$$t \equiv \frac{x + y}{2}, \quad t^{p-1} \equiv \left(\frac{x + y}{2}\right)^{p-1} \equiv 1 \pmod{p}.$$

» D'ailleurs, puisque x est une solution de la congruence (1), on déduit de la formule (4) que t est une racine primitive de la congruence $t^9 - 1 \equiv 0 \pmod{p}$. Le nombre t est donc une racine commune des deux congruences $t^{p-1} - 1 \equiv 0$, $t^9 - 1 \equiv 0 \pmod{p}$, et conséquemment (I) il doit vérifier la congruence $t^\omega - 1 \equiv 0 \pmod{p}$, dont l'exposant ω est le plus grand diviseur commun des deux nombres $p - 1$ et 9. Comme t est racine positive de la congruence $t^9 - 1 \equiv 0 \pmod{p}$, il ne peut vérifier aucune congruence binôme dont l'exposant serait inférieur à 9; on a donc $\omega = 9$, et par conséquent $p = 18l + 1$.

» Soit $x^2 - 4$ un non-résidu quadratique de p; je dis que le diviseur p

doit être de la forme $18l-1$. En effet, désignons par n un non-résidu quadratique quelconque de p, et par y une racine de la congruence $ny^2 \equiv x^2 - 4$ (mod. p). On a

$$t \equiv \frac{x+y\sqrt{n}}{2} \equiv f + g\sqrt{n} \pmod{p},$$

les deux nombres f, g étant déterminés par les deux congruences $2f \equiv x$, $2g \equiv y$ (mod. p); de même $t' \equiv f - g\sqrt{n}$ (mod. p); puisque les deux nombres t, t' sont liés par la relation $tt' = 1$, les nombres f, g satisfont à la congruence $f^2 - ng^2 \equiv 1$ (mod. p), et par conséquent (II) le nombre complexe $f + g\sqrt{n}$ est racine de la congruence $x^{p+1} - 1 \equiv 0$ (mod. p). D'ailleurs on déduit de la formule (4) que t est racine primitive de la congruence $t^9 - 1 \equiv 0$ (mod. p). L'exposant $p+1$ doit donc être multiple de 9, et par conséquent $p = 18l - 1$.

» Ainsi les seuls nombres premiers qui puissent diviser la fonction $x^3 - 3x + 1$ sont 3 et les nombres premiers $18l \pm 1$. J'ajoute que, si p est un nombre premier $18l \pm 1$, il est effectivement diviseur de la fonction considérée, c'est-à-dire que l'on peut résoudre en nombres rationnels la congruence (1). Soit, en effet, r une racine primitive de la congruence $x^{18l} - 1 \equiv 0$ (mod. $p = 18l \pm 1$), et prenons $t \equiv r^{2l}$ (mod. p). Le nombre t, rationnel ou complexe suivant la forme de p, est une racine primitive de la congruence $t^9 - 1 \equiv 0$ (mod. p), et par conséquent il rend divisible par p le dernier membre de la formule (4). Il en est de même de t^2 et de t^4. Si donc nous déterminons x par l'une des formules $x \equiv t + \frac{1}{t}$, $t^2 + \frac{1}{t^2}$, $t^4 + \frac{1}{t^4}$, nous obtenons pour x trois valeurs rationnelles, non équivalentes suivant le module p, qui, en vertu de la formule (4), vérifient la congruence (1). Ainsi, non seulement cette congruence peut être résolue, mais encore elle a ses trois racines rationnelles. »

PHYSIQUE. — *Comparaison entre les courbes des tensions des vapeurs saturées.* Deuxième Note de M. **Paul de Mondesir**, présentée par M. H. Sainte-Claire Deville.

« J'ai expliqué que, en prenant toutes les courbes des vapeurs étudiées par Regnault et en les faisant passer par un point d'égale tension, on obtient un faisceau qui est très divergent, car, après un parcours de 100°

sur la courbe de l'eau, sa largeur atteint environ 160°. Si, au lieu de construire les courbes à la même échelle de température, on adopte pour chacune d'elles une échelle convenablement choisie, opération que j'appelle *réduction par les paramètres*, la largeur du faisceau se resserre de 160 à 8. Il est bon d'observer que, la réduction ayant été faite avec les valeurs des paramètres prises au point commun, les courbes sont, en ce point, toutes tangentes les unes aux autres et se confondent sur une très notable longueur. Il faut donc aller assez loin pour trouver des écarts qui permettent de reconnaître les allures des différentes courbes, et c'est afin d'obtenir ce résultat que j'ai supposé qu'on s'éloignait du point de tangence jusqu'à une distance de 100°. Le faisceau général a acquis en cet endroit une largeur d'environ 8°, et il se divise en trois groupes également espacés. La distance de la partie la plus condensée d'un groupe à la partie la plus condensée du suivant est de 3° ou un peu plus.

» J'appelle premier groupe celui qui monte le plus rapidement; il occupe donc la gauche du faisceau lorsqu'on regarde la planche dans les conditions habituelles. Dans ce groupe, l'esprit-de-bois, l'acide carbonique, l'eau et l'éther méthyloxalique forment une seule ligne au centre; le chlorure de méthyle les accompagne en bas et s'écarte un peu en haut; le chlorure de cyanogène est très près, avec une légère inflexion; l'essence de citron présente une inflexion un peu plus marquée; le mercure est franchement à gauche, l'alcool et l'ammoniaque réunis un peu à droite. La largeur totale est environ 1°,75.

» Après un intervalle vide de 2°, on trouve à droite le second groupe formé d'une seule ligne commune au soufre, à l'acide sulfureux, aux éthers vinique et méthylique. L'acide sulfhydrique appartient probablement à ce groupe; mais la limite inférieure de ses tensions, mesurées par Regnault, est trop élevée pour permettre une comparaison directe avec les autres vapeurs du groupe.

» Le troisième groupe a sa masse très près de la limite droite du faisceau général. Son type principal est formé par le sulfure de carbone, l'éther chlorhydrique, l'éther bromhydrique, l'acétone et le chlorure phosphoreux, qui sont bien d'accord. La benzine et le chloroforme, l'hydrocarbure de brome et l'essence de térébenthine, puis le chlorure de bore, se tiennent très près des précédents, mais avec des différences d'allures. A gauche, le chlorure de carbone, l'éther iodhydrique et le chlorure de silicium marchent ensemble; mais le chlorure de carbone s'éloigne graduellement du centre à mesure que la température s'élève. La largeur totale du groupe atteint un peu plus de 2°.

» Mon but, en indiquant ces détails de classification, est de préciser les différences, afin qu'on puisse les apprécier plus nettement. Nous avons ainsi des différences de trois ordres : celles qui séparent les groupes, celles qui sont intérieures à chaque groupe, enfin de très petites entre les vapeurs que je présente comme marchant d'accord. Le premier ordre, ou, si l'on veut, la largeur du faisceau général, ne peut être supprimé par aucune hypothèse d'erreurs dans les expériences, par aucune modification de formules dans les limites acceptables; c'est donc une diversité réelle dans l'ensemble des vapeurs. Le troisième ordre, au contraire, disparaîtrait par des retouches analogues ou inférieures à celles que Regnault a constamment admises. Quant aux différences d'ordre intermédiaire que j'ai appelées *petits écarts* et *petites distances,* les unes céderaient à l'emploi des mêmes moyens; d'autres, je crois, résisteraient.

» L'appréciation, arrivée à ce point, devient très délicate sous tous les rapports. Aussi, ayant la bonne fortune de pouvoir invoquer l'opinion de Regnault lui-même, je ne la laisserai pas échapper. Les courbes de l'éther méthylique et du chlorure de méthyle se trouvent placées sur la planche de Regnault comme elles le sont dans mon faisceau, avec le même écart, qui représente chez moi presque la distance totale des deux premiers groupes. Or Regnault dit : « Les courbes des éthers méthylique et méthylchlorhy- » drique se superposent presque complètement. » Une superposition presque complète, telle est l'appréciation de Regnault sur une distance presque égale à celle de deux groupes.

» Un autre exemple se rapporte à de plus grandes différences. Regnault a fait sur l'acide sulfhydrique une première série d'expériences interrompue par une explosion. Malgré la brièveté relative de cette série, il l'a jugée digne d'être représentée par une Table. Il a ensuite fait une seconde série beaucoup plus étendue qui a servi de base à sa grande Table et au tracé de la courbe. Voici son appréciation sur cette courbe : « Elle passe presque » exactement par tous les points qui correspondent aux observations de » la deuxième série. Les points de la première série sont tous un peu » au-dessous de la courbe. »

» Or, comme je l'ai dit, la courbe de l'acide sulfhydrique tombe à peu près au milieu du faisceau général, tandis que la Table de la première série déplacerait cette courbe de manière à la faire sortir complètement du faisceau et à la chasser encore aussi loin au delà du bord. Une différence que Regnault apprécie par les mots « un peu au-dessous » représente donc au moins toute la distance qui, après l'application des paramètres, sépare encore les vapeurs les plus dissemblables. Et je ne force pas, car on pourrait,

en augmentant proportionnellement tous les nombres de la première série, réduire des deux tiers leurs plus grands écarts par rapport à la courbe de Regnault, partager les différences, faire tomber la série à cheval sur la courbe, et l'écart accusé par mon tracé resterait aussi grand, parce qu'il ne représente que les rapports des nombres et non leurs valeurs absolues. Je veux surtout en conclure que la méthode de comparaison que je présente fait ressortir les différences avec une énergie que ne possèdent nullement les tracés ordinaires des courbes et leurs calculs. Elle fournit donc un instrument d'une singulière puissance pour le contrôle des résultats d'expériences, et je suis à même d'en présenter de nombreux exemples. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'électrolyse sur le térébenthène.* Note de M. **Ad. Renard**, présentée par M. Wurtz.

« Dans un flacon d'environ 150^{cc} de capacité, j'introduis 80^{cc} d'alcool additionnés de 20^{cc} d'un mélange parties égales d'acide sulfurique et d'eau, et 25^{cc} de térébenthène. Deux lampes de platine, servant d'électrodes, plongent dans la liqueur alcoolique et sont reliées aux deux pôles de cinq éléments Bunsen. De l'hydrogène se dégage au pôle négatif, mais aucun gaz n'apparaît sur l'électrode positive.

» Au bout de soixante-douze heures, tout le térébenthène se trouvant dissous dans la liqueur qui a pris une teinte brune assez foncée, on arrête l'expérience.

» Après avoir réuni une quantité suffisante de liquide, on ajoute environ deux fois son volume d'eau, ce qui détermine la séparation d'une couche huileuse presque noire qui vient remonter à la surface et qu'on isole du liquide inférieur. Le liquide surnageant, soumis à la distillation, commence à bouillir vers 70°; il passe alors de l'acétate d'éthyle provenant de l'oxydation de l'alcool par l'électrolyse, puis le point d'ébullition, après avoir atteint 100°, monte brusquement à 170° et s'élève peu à peu jusqu'à 250°. A ce moment, il reste dans la cornue une matière noire, épaisse, qui se solidifie par le refroidissement, et formée en grande partie de colophène et de polymères supérieurs.

» Le produit distillant de 170° à 250°, lavé à la soude et soumis à de nombreuses distillations fractionnées, fournit trois produits distincts : d'abord un peu de térébenthène ayant échappé à la réaction, puis du cymène bouillant de 178° à 180°, et enfin entre 210° et 215° du monohydrate

de térébenthène. Ce composé a donné à l'analyse les résultats suivants :

				La formule $C^{10}H^{18}O$ exige
C.	78,07	78,42	77,70	77,92
H.	11,40	11,72	11,62	11,69
O.	»	»	»	10,39
				100,00

C'est un liquide légèrement jaunâtre, un peu huileux, bouillant de 210° à 214°. Sa densité à + 10° = 0,9511. Sa densité de vapeur = 5,191 (calculée, 5,097).

» Il est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, l'éther et l'acide acétique. Abandonné au-dessus du mercure dans une éprouvette en présence d'oxygène, il n'absorbe pas ce gaz, dont le volume, après plus d'un mois, n'avait pas changé. Le brome agit sur lui avec beaucoup de violence en dégageant de l'acide bromhydrique; mais si, après l'avoir dissous dans quatre ou cinq fois son volume de sulfure de carbone, on y fait tomber avec ménagement et en refroidissant une solution également étendue de brome dans le sulfure de carbone, la combinaison a lieu sans dégagement d'acide bromhydrique. Il se forme de l'eau, mais il n'est pas possible d'isoler le composé bromé, car, par la simple évaporation du sulfure de carbone à l'air, il noircit en dégageant de l'acide bromhydrique. Cependant, en déterminant la quantité de brome nécessaire pour saturer un poids connu de monohydrate de térébenthène, on peut en déduire qu'il doit se former un bromure $C^{10}H^{16}Br^2$. En outre, si, malgré l'altération de ce bromure, on achève l'évaporation du sulfure et qu'on distille ensuite le résidu avec du zinc en poudre, on obtient du cymène.

» L'acide sulfurique ordinaire ou fumant dissout le monohydrate de térébenthène en se colorant en brun foncé ; si l'on ajoute ensuite de l'eau, il se sépare une masse visqueuse et noire. Distillé avec de l'acide phosphorique anhydre, le monohydrate donne un liquide bouillant vers 160°, sans doute du térébène qui, dissous dans l'acide sulfurique concentré, ne donne par l'addition de l'eau qu'une masse résineuse noire.

» L'acide nitrique concentré agit sur le monohydrate de térébenthène avec beaucoup de violence. Avec un mélange de 2 parties d'acide nitrique pour 3 d'eau, la réaction est calme ; on obtient alors de l'acide oxalique et un acide très peu soluble dans l'eau, même bouillante, et assez soluble dans l'alcool. Sous l'influence de la chaleur, cet acide se décompose sans fondre. Son analyse a donné les résultats suivants (C = 56,98,

$H = 5,73$), qui conduisent à la formule de l'acide cumidique

$$C^{10}H^{10}O^4 + H^2O.$$

» Traité à froid par le gaz acide chlorhydrique sec, le monohydrate de térébenthène noircit sans donner naissance à un chlorhydrate cristallisé; il en est de même si l'on fait usage de sa solution dans l'alcool, l'éther ou l'acide acétique. Chauffé en tube scellé trente heures à 140° ou même à 150° avec de l'acide acétique anhydre, il ne s'éthérifie pas, ni ne se décompose, et par une addition d'eau on le retrouve intact.

» D'après les expériences qui précèdent, le monohydrate de térébenthène paraît pouvoir être considéré comme un pseudo-alcool $C^{10}H^{16}H(OH)$.

» Quant au liquide aqueux séparé du mélange de cymène et de monohydrate de térébenthène, après l'avoir saturé par de la craie et avoir éliminé le dépôt de sulfate de chaux, on le soumet à l'évaporation jusqu'à consistance sirupeuse. On y ajoute environ son volume d'alcool et on évapore de nouveau jusqu'à formation d'un abondant dépôt cristallin qu'on exprime dans un linge après l'avoir additionné d'alcool. Le sel de chaux ainsi obtenu est dissous dans l'eau; on précipite la chaux par l'acide oxalique, on sature la liqueur filtrée par du carbonate de plomb, on filtre et l'on fait évaporer. On obtient ainsi un sel de plomb qu'on purifie par plusieurs cristallisations dans l'eau, jusqu'à ce que, exposé à l'étuve à 100°, il ne noircisse plus, ce qui serait dû à la présence d'un autre sel de plomb plus soluble dont j'aurai à parler tout à l'heure et qui, avant 100°, commence déjà à se décomposer. Ce sel de plomb se présente en petites aiguilles brillantes; chauffé à 110° ou 115°, il se décompose sans noircir en répandant une odeur de térébenthine. Sa solution par l'évaporation laisse souvent déposer une petite quantité de sulfate de plomb.

» Séché d'abord sous une cloche en présence d'acide sulfurique, puis à l'étuve à 100°, il a donné à l'analyse les résultats suivants :

			La formule $C^{12}H^{22}SO^7Pb$ exige
C	27,59	27,90	27,85
H	4,36	4,13	4,25
S	6,22	6,25	6,19
Pb	40,26	40,42	40,03
O	»	»	21,66

» Ce sel peut, je crois, être considéré comme le sel de plomb d'un dérivé sulfoéthylique d'un acide hydroxylcampholique $C^{10}H^{20}O^4$, différant de l'acide campholique $C^{10}H^{18}O^2$ par $2(OH)$ en plus. L'acide campholique est monobasique, l'acide hydroxylcampholique est bibasique et devra s'écrire

$C^8H^{13}\begin{matrix}\diagup COOH \\ \diagdown COOH\end{matrix}$. Le sel de plomb précédent sera donc

$$C^8H^{17}\begin{matrix}\diagup CO^2 \diagdown \\ -SO^3 \diagup \\ \diagdown CO^2C^2H^5\end{matrix} Pb.$$

» La solution de ce sel, décomposée par l'hydrogène sulfuré, puis abandonnée à l'évaporation sous une cloche en présence d'acide sulfurique, abandonne l'acide sous forme d'une masse gommeuse très hygrométrique et altérable par la chaleur.

» La liqueur alcoolique séparée du sel de chaux dont on a extrait le sel de plomb précédent, après avoir été évaporée pour chasser l'alcool, est agitée à plusieurs reprises avec de l'éther. Ce dernier, après évaporation, abandonne une matière épaisse, noire, peu soluble dans l'eau, mélangée de cristaux de terpine. Pour isoler cette dernière, on fait bouillir ce résidu avec de l'eau, on filtre la liqueur bouillante et, par le refroidissement, la terpine cristallise.

» Enfin, la liqueur précédente, après avoir été séparée de l'éther, renferme encore un sel de chaux que j'ai transformé en sel de plomb qui, après plusieurs cristallisations, se présente en petits cristaux brillants; ceux-ci se décomposent avant 100° en mettant de l'acide sulfurique en liberté. L'analyse a donné $C = 38,84$, $H = 8,04$, $S = 11,14$, $Pb = 14,40$.

» La constitution de ce sel doit être assez complexe, et peut-être dérive-t-il des produits de condensation du térébenthène. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la synthèse des aldéhydes aromatiques; essence de cumin.* Note de M. A. ETARD, présentée par M. Cahours.

« I. Dans une précédente Note, j'ai montré qu'en oxydant le cymène dérivé de l'essence de térébenthine par le chlorure de chromyle en solution sulfocarbonique, on obtenait une huile capable de donner un dérivé parfaitement cristallisé avec le bisulfite de soude. Ce dérivé bisulfitique, décomposé par le carbonate de soude, fournit une aldéhyde, solide présentant l'aspect extérieur du camphre et fusible à 80°.

» Désirant fixer la constitution de cette aldéhyde, j'ai oxydé une plus forte quantité de cymène par la même méthode; mais, opérant cette fois sans ménagement, à cause du peu de danger de la réaction et de l'habitude que j'en ai, j'ai laissé le mélange s'échauffer jusqu'au point d'ébullition du sulfure de carbone. En raison de cette élévation de température, que j'avais

évitée lors de mes premières recherches, le sens de la réaction a changé complètement.

» En employant le cymène et le réactif chromique en solutions sulfocarboniques à 10 pour 100 et dans les rapports exacts de 1^{mol} du premier pour 2^{mol} du second, il se forme par union directe un précipité grenu, légèrement cristallin, brun chocolat, renfermant $C^{10}H^{14}, 2CrO^2Cl^2$. Ce précipité, essoré à la trompe et lavé au sulfure de carbone, est décomposé par l'eau. On chasse au bain-marie le sulfure restant, et l'on extrait par l'éther le composé organique mêlé aux sels chromiques. Après avoir chassé l'éther à son tour, il reste une huile jaune bouillant à 223° (le thermomètre ne plonge pas complètement dans la vapeur) et présentant toutes les propriétés de l'aldéhyde cuminique extraite de l'essence de cumin ordinaire. J'ai transformé cette huile en dérivé bisulfitique cristallisé et l'ai régénérée de ces cristaux par le carbonate de soude dans un état de pureté complète.

» 150^{gr} de cymène traités de la sorte m'ont donné 140^{gr} d'aldéhyde cuminique pure, sans cependant que cette opération ait été dirigée en vue de rendements que j'ai lieu de croire sensiblement théoriques.

» II. Ayant déjà obtenu par cette méthode les aldéhydes benzoïque, isocuminique, cuminique et anisique avec la plus grande facilité, je me suis proposé d'oxyder encore un certain nombre de carbures aromatiques et térébiques, de la préparation desquels je m'occupe en ce moment, afin d'appuyer cette loi, que je puis énoncer dès à présent sous la forme suivante: *Le chlorure de chromyle attaque le groupe* CH^3 *en rapport avec le radical phényle et, par l'action ultérieure de l'eau, le transforme en groupe* COH *caractéristique des aldéhydes.*

» Il se forme généralement en même temps une petite quantité du dérivé chloré correspondant, qui paraît être la première étape dans la transformation du groupe CH^3.

» III. Dans le but indiqué ci-dessus, j'ai entrepris et terminé l'oxydation de la diméthylbenzine en opérant sur un échantillon de xylène débarrassé par des traitements sulfuriques de l'isomère para. Le mélange des dérivés ortho et méta a été traité par le réactif oxydant en solution sulfocarbonique à 15 pour 100. L'attaque se ralentit dès que le dérivé méta a disparu. Si l'on vient à isoler le dérivé organo-chromique et à le décomposer par l'eau, on peut enlever par l'éther de l'aldéhyde métaméthylbenzoïque qui, régénérée de son dérivé bisulfitique, bout à 200°, comme celle décrite par M. Ch. Gundelach.

» Le sulfure de carbone dans lequel le précipité s'est formé renferme une petite quantité de chlorure de xylyle, bouillant à 197°, en même temps que de l'orthoxylène, moins facilement attaqué dans ces conditions.

» IV. Dans toutes ces réactions, l'eau, agissant sur le précipité organo-chromique, détermine la formation d'une aldéhyde, en vertu de la constitution primitive propre au produit ($X-CH^3, 2CrO^2Cl^2$) de l'attaque directe du carbure. Cela est démontré par ce fait, en apparence paradoxal, qu'en même temps que l'aldéhyde il y a mise en liberté d'acide chromique et de chromates de chrome accompagnant les sels de sesquioxyde de ce métal. Les aldéhydes se forment donc au sein d'un mélange oxydant; aussi n'est-il pas surprenant, quand on ne les retire pas le jour même de ce mélange, de les voir s'oxyder et disparaître, en même temps que tout le chrome passe à l'état de sel de sesquioxyde.

» Je me propose de publier bientôt des résultats déjà en partie acquis avec d'autres carbures et de revenir sur les conditions de préparation de l'aldéhyde isocuminique. »

MÉDECINE. — *Sur les lésions du rein, dans l'empoisonnement lent par la cantharidine.* Note de M. V. **Cornil**, présentée par M. Robin.

« Dans une précédente Communication (*Comptes rendus*, 26 janvier), j'ai indiqué les lésions rénales produites par un empoisonnement rapide avec la cantharidine introduite par une injection sous-cutanée. Le premier effet de l'intoxication consiste dans l'exsudation d'un liquide contenant des granulations et des corpuscules blancs du sang et qui s'épanche entre les vaisseaux des glomérules et la capsule glomérulaire. Chez les lapins empoisonnés avec une dose moins forte, avec 0,002 à 0,005 de cantharidine, et sacrifiés au bout de vingt à trente heures, on trouve, dans la capsule des glomérules, un exsudat coagulé, réticulé, qui contient souvent dans ses mailles des globules rouges ou des globules blancs en petit nombre. Cet exsudat, solidifié par l'acide osmique, est disposé sous forme d'un réseau dont les travées s'insèrent en s'amincissant d'une part sur les vaisseaux du glomérule, d'autre part sur la capsule, entre ses cellules de revêtement. Ces dernières cellules sont tuméfiées; quelques-unes font une saillie très accusée du côté de la cavité glomérulaire, tandis que, par leur face opposée, elles sont accolées à la paroi. On voit donc que l'exsudat intra-capsulaire, d'abord liquide et riche en globules blancs, se coagule plus tard en un

réseau, en même temps que le nombre des globules blancs diminue lorsque la néphrite tend à la guérison. Les cellules de la paroi capsulaire, tuméfiées d'abord, puis détachées, se réappliquent enfin contre la paroi tout en restant plus volumineuses qu'à l'état normal. Les tubes urinifères contiennent quelques cylindres hyalins.

» Dans le but d'étudier les phénomènes d'une néphrite se rapprochant comme durée de la néphrite albumineuse aiguë ou subaiguë de l'homme, j'ai donné à un chien, tous les deux ou trois jours, pendant un mois, des doses de cantharidine incapables de causer la mort. A chaque prise, il ressentait des accidents gastro-intestinaux (diarrhée, vomissements), et les urines contenaient des globules rouges, de l'albumine et des cylindres hyalins. Les reins de cet animal ont montré toutes les lésions qu'on observe dans la néphrite albumineuse aiguë ou subaiguë de l'homme. Ainsi, sur les préparations faites après durcissement par l'acide osmique, il existait, entre la capsule du glomérule et les vaisseaux, un exsudat réticulé contenant quelques globules blancs ou rouges en petit nombre. Les cellules de la capsule étaient tuméfiées, et les anses glomérulaires étaient souvent adhérentes. Les tubes contournés de la substance corticale, très dilatés, contenaient, dans leur lumière agrandie, quelques globules blancs ou des boules claires ou grenues de volume très variable, tantôt très petites, tantôt beaucoup plus volumineuses que les globules blancs. Dans d'autres tubes également dilatés, la lumière était obstruée par un exsudat réticulé dont les travées plus ou moins fixes, enserrant souvent des globules rouges, convergeaient du bord libre des cellules épithéliales vers le centre du tube.

» Dans d'autres tubes contournés, le liquide contenu, coagulé par l'acide osmique, était homogène, teinté, percé de trous clairs ou logeant des boules grenues et des globules sanguins. Ces coagulations sont, comme je l'ai montré, l'origine des cylindres hyalins. Les tubes en anse de Henle et les tubes droits contenaient beaucoup de cylindres.

» Les cellules épithéliales des tubes contournés, conservées en place, étaient coiffées par l'exsudat réticulé. Elles étaient tantôt tuméfiées et grenues, tantôt surmontées d'une boule claire et transparente qui faisait saillie dans la cavité du tube; quelques-unes, peu nombreuses, étaient transformées en une grande vésicule transparente. Beaucoup d'entre elles montraient une rangée de granulations graisseuses disposées près de leur implantation sur la paroi hyaline des tubes. J'énumère simplement ces lésions sans y insister, car j'en ai donné une description détaillée à propos de la néphrite albumineuse de l'homme (*Journal de l'Anatomie* de Robin, 1879).

» En outre de ces lésions des cellules épithéliales, il existait, le long des artérioles glomérulaires, une quantité notable de petites cellules rondes, indiquant une néphrite interstitielle à son début.

» Cette expérience suffit à établir que l'usage de la cantharidine continué pendant un certain temps détermine des lésions en tout comparables à l'albuminurie due à l'impression du froid ou aux maladies infectieuses, telles que la diphtérie, la scarlatine, etc.

» L'identité des lésions observées permet de conclure que le fait essentiel de la néphrite albumineuse consiste dans le passage à travers les vaisseaux glomérulaires des parties constituantes du sang, plasma, globules rouges et globules blancs. Tel est le premier phénomène de l'empoisonnement aigu par la cantharidine. Presque simultanément les cellules épithéliales des tubes sinueux sont granuleuses, quelquefois vésiculeuses, et elles sécrètent un exsudat coagulable.

» L'exsudat coagulé sous forme de réticulum dans les glomérules, sous forme de réticulum et de boules dans les tubes sinueux, constitue les cylindres hyalins dans les tubes droits.

» La dégénérescence graisseuse des cellules que nous avons trouvée dans cette néphrite subaiguë artificielle, et qui est constante dans les néphrites chroniques, est simplement consécutive.

» Quelle est la cause de la néphrite cantharidienne? Tout d'abord il est certain que beaucoup d'organes sont atteints en même temps que le rein; il ne s'agit nullement d'une action élective sur cet organe. Une demi-heure déjà après l'introduction de la cantharidine sous la peau, les cellules épithéliales de la muqueuse intestinale se multiplient, se desquament, et l'on observe une inflammation, d'une grande intensité, de toute la muqueuse. Les petites bronches sont remplies de cellules desquamées et de globules blancs; la trachée et le larynx sont également enflammés. Les vaisseaux capillaires du foie sont engorgés par places par des globules blancs, et les cellules hépatiques tuméfiées présentent presque toutes deux noyaux. Il existe, en un mot, une inflammation généralisée.

» Cependant les globules sanguins, examinés dans le sang des animaux empoisonnés, restent normaux. Le sang des mammifères, mis en contact, dans une chambre humide, sur la platine chauffante, avec des cristaux de cantharidine, n'est pas modifié. L'examen du mésentère d'une grenouille empoisonnée par la cantharidine et l'observation de la migration des globules blancs dans cette membrane ne m'ont pas donné non plus de résultat positif.

» Il n'est pourtant pas douteux que l'exsudat sorti des vaisseaux ne contienne des globules blancs. Nous en avons la preuve par ce fait que les glomérules du rein en renferment une grande quantité une demi-heure après l'intoxication. L'état de la membrane interne des petits vaisseaux sanguins nous donne l'explication immédiate de cette diapédèse exagérée. Dans la plupart des organes, et en particulier dans le poumon, j'ai observé en effet, sur la membrane interne de toutes les artérioles et veinules, une couche adhésive de globules blancs qui y étaient accolés. Les cellules endothéliales de ces vaisseaux manquaient par places. La cantharidine semble donc modifier surtout la membrane interne des vaisseaux qui, par suite, laissent facilement transsuder leur contenu. L'agent irritant, après avoir produit cette inflammation de la membrane interne vasculaire, agirait ensuite de la même façon sur les cellules de revêtement des muqueuses, en enflammant avec une grande intensité les muqueuses intestinale, aérienne et urinaire. »

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Sur la mort apparente résultant de l'asphyxie.* Note de M. Fort, présentée par M. Larrey.

« *Conclusion.* — Dans l'état de mort apparente consécutive à l'asphyxie proprement dite, on doit pratiquer avec persévérance la respiration artificielle, pendant un nombre d'heures non encore déterminé. Dans une Note ultérieure, je chercherai à préciser la durée de la respiration artificielle, basée sur l'état du sang, du système nerveux et du muscle cardiaque. »

PHYSIOLOGIE. — *Sur les modifications apportées par l'organisme aux substances albuminoïdes injectées dans les vaisseaux* (3e série : *Injections intraveineuses de ferments solubles*). Note de MM. J. Béchamp et E. Baltus.

« *Injections de pancréatine.* — Nous avons l'honneur de soumettre à l'Académie la suite des expériences que nous avons entreprises pour rechercher les phénomènes consécutifs à l'introduction intra-vasculaire des ferments solubles. Elles ont porté sur la pancréatine pure, d'un pouvoir rotatoire constant d'environ 35°↘.

» Première expérience. — 30 *novembre* 1878. Chien de chasse. P = 17^{kg}. Très vigoureux, à jeun.

» A 9^h du matin, injection par la fémorale, en quinze minutes, de 3^{gr} de pancréatine dissoute dans 90^{cc} d'eau à 35°. Abattement consécutif. A 5^h, le chien pousse un grand cri, se soulève haletant et retombe mort.

» *Autopsie.* — La seule altération constatée est une vive injection rénale. On retire de la vessie 50^{cc} d'une urine alcaline, dans laquelle on ne retrouve pas la pancréatine.

Deuxième expérience. — 17 *décembre* 1878. Chien de berger. P = 19^{kg}. Très vigoureux, à jeun.

» A 10^h du matin, injection, en douze minutes, de 3^{gr} de pancréatine dissoute dans 90^{cc} d'eau. Dans la journée, plusieurs vomissements bilieux ou sanguins, selles sanglantes; abattement considérable. Mêmes accidents dans la journée du 18. Le 19, émission de 150^{cc} d'urine ictérique. Dans la nuit du 19 au 20, nouvelle émission de 100^{cc} d'urine. Le 20 à 2^h, convulsions, cris et mort.

» *Autopsie.* — Congestion uniforme et très intense des différents viscères.

» *Analyse des urines.* — L'urine est précipitée par l'alcool; la matière recueillie est soluble dans l'eau, fluidifie et saccharifie presque instantanément l'empois de fécule [1].

» Troisième expérience. — 23 *janvier* 1879. Chien de chasse. P = 13^{kg}, à jeun.

» A 10^h du matin, injection en dix minutes de $2^{gr},75$ de pancréatine dissoute dans 22^{cc} d'eau. Le 23 et le 24, vomissements glaireux et selles sanglantes. Dans la nuit du 24 au 25, émission d'urine mélangée aux matières fécales. Abattement. Le chien se rétablit les jours suivants.

» Quatrième expérience. — 26 *février* 1880. Chien-loup. P = $11^{kg},500$. Très vigoureux, à jeun.

» A 10^h du matin, injection, en douze minutes de 5^{gr} de pancréatine dissoute dans 60^{cc} d'eau. Efforts de vomissements; mort sans convulsion à la fin de l'injection.

» *Autopsie.* — Congestion générale de tous les viscères et foyers hémorrhagiques de toutes dimensions, disséminés dans les poumons, l'estomac, l'intestin grêle dans toute sa longueur, la plèvre, le péricarde, le mésentère. Reins mous, diffluents, vivement congestionnés. Ramollissement encéphalique.

» Cinquième expérience. — 28 *février* 1880 Chien terrier. P = $14^{kg},600$, à jeun.

» A 10^h du matin, injection, en douze minutes, de 3^{gr} de pancréatine dissoute dans 38^{cc} d'eau. Abattement, défécation, émission de 50^{cc} d'urine acide. Hurlements plaintifs, coma et mort à 11^h15^m.

» *Autopsie.* — Congestion intense des méninges, de la plèvre, du péricarde, du mésentère. Foyers hémorrhagiques de toutes dimensions, dans le poumon, l'estomac, l'intestin grêle dans toute sa longueur. Reins diffluents, gorgés de sang. Encéphale un peu moins consistant qu'à l'état normal. La vessie contenait 30^{cc} d'urine, sans caractères spéciaux.

» Sixième expérience. — 1er *mars* 1880. Chienne de chasse. P = $14^{kg},200$. Jeune, vigoureuse, à jeun.

» A 10^h, injection, en sept minutes, de 1^{gr} de pancréatine dissoute dans 13^{cc} d'eau à 35°.

---

[1] Observation inédite de M. A. Béchamp.

De 11h à 2h, vomissements bilieux. L'animal se rétablit le lendemain. Dans la nuit du 1er au 2 mars, émission de 370cc d'urine très alcaline, ictérique.

» *Analyse des urines.* — L'urine est précipitée par l'alcool. Le précipité est soluble dans l'eau; la solution liquéfie instantanément l'empois et le saccharifie. La matière isolée, en solution aqueuse, se colore en rouge par le chlore.

» SEPTIÈME EXPÉRIENCE. — 2 *mars* 1880. Chien épagneul. P = 8kg, 200. A fait un repas de pommes de terre et de pain une heure et demie avant l'opération.

» A 4h injection, en neuf minutes, de 1gr de pancréatine dissoute dans 13cc d'eau à 35°. Vomissement alimentaire pendant l'injection. A partir de ce moment jusqu'au lendemain matin, vomissements glaireux. Abattement. Cris plaintifs.

» 3 *mars*. Abattement. Le chien se rétablit ensuite progressivement. Dans la nuit du 3 au 4 mars, émission de 330cc d'urine ictérique, alcaline. On précipite par l'alcool : le précipité est soluble dans l'eau, liquéfie instantanément l'empois et le saccharifie. La solution aqueuse se colore en rouge par le chlore.

» *Conclusions.* — 1° L'injection intra-vasculaire de pancréatine pure amène des troubles fonctionnels d'une gravité exceptionnelle, et détermine la mort quand la proportion de matière injectée atteint environ 0gr, 15 par kilogramme du poids de l'animal. L'état de digestion paraît diminuer les effets toxiques de la pancréatine.

» 2° La pancréatine injectée n'est éliminée que partiellement par les urines et se retrouve alors avec tous ses caractères. Nous n'avons pu la caractériser par son pouvoir rotatoire, en raison de la petite quantité de matière éliminée, mais la matière isolée liquéfiait instantanément l'empois et le saccharifiait; elle se colorait en rouge par le chlore. »

CHIMIE MINÉRALOGIQUE. — *Sur deux nouveaux silicates d'alumine et de lithine.* Note de M. P. HAUTEFEUILLE, présentée par M. Daubrée.

« La méthode de préparation des silico-aluminates alcalins, basée sur l'emploi des sels fusibles susceptibles de former des sels acides, permet d'obtenir, lorsque l'agent minéralisateur est le vanadate de lithine, une substance cristallisée ayant la composition de la pétalite

$$30SiO^2, 4Al^2O^3, 3LiO,$$

le plus silicaté des minéraux et le plus riche en lithine. Ce silicate alumineux naturel n'est pas le seul composé défini que fasse cristalliser le vanadate de lithine, car j'ai reconnu que ce sel minéralise au rouge

sombre la silice, l'alumine et la lithine dans deux autres proportions, savoir : $6SiO^2, Al^2O^3, LiO$ et $5SiO^2, Al^2O^3, LiO$. Le tungstate de lithine ne peut remplacer le vanadate de cette base dans toutes ces préparations, car ce sel jouit de la propriété de ramener tous les silico-aluminates de lithine à un type unique, celui qui contient $6^{éq}$ de silice pour $1^{éq}$ d'aluminate de lithine. Ce sel fournira donc ce silicate intermédiaire, exempt de tout mélange avec la pétalite et avec le silicate d'alumine et de lithine le moins silicaté.

» 1. *Silicate d'alumine et de lithine* ($5SiO^2, Al^2O^3, LiO$). — Ce composé, qu'on n'a pas encore signalé dans les roches et que les chimistes n'ont pas préparé, s'obtient en beaux cristaux par une méthode calquée sur celle qui m'a permis de reproduire l'amphigène.

» La silice et l'alumine, chauffées avec du vanadate de lithine à une température un peu supérieure à celle de la fusion de ce sel, fournissent en quelques heures un sable cristallin au milieu duquel se développent lentement des cristaux déterminables. En opérant sur un mélange qui contient au moins $1^{éq}$ d'alumine pour $5^{éq}$ de silice, le vanadate de lithine minéralise un silico-aluminate alcalin d'une grande pureté. L'analyse permet de constater que l'alumine et la silice s'y trouvent exactement dans le rapport de 1 à 5 :

Silice	69,03	$5SiO^2$	69,12
Alumine	23,74	Al^2O^3	23,96
Lithine	6,08	LiO	6,92
Perte	1,15		100,00
	100,00		

» Les quantités d'oxygène des éléments lithine, alumine et silice sont donc entre elles dans les rapports 1 : 3 : 10. La composition de ce silicate rappelle celle de l'oligoclase, car les analyses de ce feldspath conduisent à adopter les rapports 1 : 3 : 9 ou, avec presque autant de probabilité, les rapports 1 : 3 : 10, qui ont sur les premiers l'avantage de faire rentrer la formule de ce minéral dans une série régulière.

» Comme l'oligoclase, ce silicate résiste à l'action des acides, et, comme lui, il raye facilement le verre. Sa densité est 2,40 à 12°.

» Les cristaux sont transparents, quelquefois laiteux, isolés ou réunis en druses. La forme dominante est un octaèdre à base carrée. La base *p* est rare, ainsi que les faces d'un dioctaèdre; mais presque toutes les faces

portent des stries parallèles aux intersections de cette forme simple à seize faces avec les faces de l'octaèdre.

	Angles observés.	Angles calculés.
$b^1 b^1$ sur p	*101° à 100°50′	»
$b^1 b^1$ adj.	114 à 114.25	113°52′

» Le rapport du côté de la base à la hauteur du prisme est à peu près celui des nombres 1000 et 824.

» Ces cristaux sont biréfringents. L'examen optique et la détermination cristallographique s'accordent pour les rapporter au système quadratique, car des plaques taillées parallèlement à la base p ne rétablissent pas la lumière lorsqu'on les place entre les nicols croisés d'un microscope.

» Ces mêmes cristaux se forment aux dépens du mica lorsqu'on chauffe ce minéral avec du vanadate de lithine. Les lames de mica deviennent opaques et s'incrustent d'octaèdres qui s'accolent entre eux à la façon des octaèdres de la hausmannite.

» 2. *Silicate d'alumine et de lithine* ($6SiO^2, Al^2O^3, LiO$). — Ce silicate se prépare indifféremment par le vanadate et par le tungstate de lithine. Il suffit que l'alumine et la silice soient exactement dans le rapport de $1^{éq}$ d'alumine pour $6^{éq}$ de silice, pour l'obtenir exempt de tout mélange et en cristaux mesurables.

» L'analyse de ce silicate préparé par le vanadate de lithine fournit les résultats suivants :

Silice	72,60	$6SiO^2$	72,30
Alumine	22,00	Al^2O^3	21,60
Lithine (par diff.)	5,40	LiO	6,10
	100,00		100,00

» Ce silicate vient donc se placer, par sa composition, à côté de l'orthose et de l'albite, puisque les quantités d'oxygène contenues dans la lithine, l'alumine et la silice sont dans les rapports 1 : 3 : 12. Il est à l'orthose ce que le silicate précédent est à l'oligoclase.

» Il a la dureté de l'orthose, le même degré de résistance vis-à-vis des réactifs ; sa densité est 2,41 à 11°.

» Obtenu par le vanadate, ce silicate se présente en petits octaèdres qu'on ne peut distinguer par les mesures d'angles de l'octaèdre b^1, que j'ai décrit pour le silicate $5SiO^2, Al^2O^3, LiO$; mais, tandis que le silicate correspondant à l'oligoclase dépolarise énergiquement la lumière, le silicate corres-

pondant à l'orthose s'illumine à peine dans le champ obscur d'un microscope polarisant.

» Les cristaux préparés par le tungstate de lithine retiennent toujours un peu d'acide tungstique, mais ils sont souvent isolés, d'une transparence parfaite, et leurs faces, bien exemptes de stries, réfléchissent vivement la lumière. Leur forme dominante est un octaèdre à base carrée très surbaissé, portant en bordure les faces de a^{7} l'octaèdre observé sur les cristaux qui prennent naissance dans le vanadate.

	Angles observés.	Angles calculés.
	° ′	° ′
$b^2 b^2$ sur p	*117.30	»
$b^2 b^1$	137.10	136.58
$b^1 b^1$ sur v	99.50	101.2

» L'octaèdre b^1 est, à quelques minutes près, celui de l'oligoclase lithique. Les deux silicates, de compositions différentes, offrent donc un nouvel exemple d'isomorphisme géométrique, analogue à celui qu'on observe entre les feldspaths tricliniques. Cette similitude de forme n'entraîne pas l'égalité des constantes optiques, car le silicate $5SiO^2, Al^2O^3, LiO$ possède seul une double réfraction énergique.

» Il est impossible de ne pas rapprocher au point de vue chimique ces deux silicates des feldspaths. Leur forme quadratique et l'absence de clivages faciles conduisent à les placer à côté de l'amphigène, minéral qui appartient à la famille des feldspathides. L'albite et l'oligoclase du sous-groupe des feldspaths correspondent aux deux espèces $6SiO^2, Al^2O^3, LiO$ et $5SiO^2, Al^2O^3, LiO$ que je propose de placer dans le sous-groupe de l'amphigène. Elles ne sont encore que des produits de laboratoire, mais on peut espérer les découvrir dans les roches associées à la pétalite et aux micas lithiques. C'est également dans ce sous-groupe que vient se placer l'amphigène de sesquioxyde de fer, ce qui porte à trois le nombre des espèces artificielles à réunir à la leucite. »

MINÉRALOGIE. — *Sur les phosphates et les borophosphates de magnésie et de chaux provenant du dépôt de guano de Mejillones* (lat. 23° à 24° S.). Note de M. **Domeyko**, présentée par M. Daubrée.

« Les guanos qui, sous la latitude de 12° à 13° S., dans les îles et sur la côte du Pérou, conservent bien l'azote de leur matière organique, n'en

renferment que quelques traces sous la latitude de 23° à 24° S. Ces derniers sont chargés principalement de phosphates.

» Le plus important des dépôts de ces guanos phosphatés est celui de Mejillones, situé près du bord de la baie de ce nom; il forme un bourrelet autour de la montagne connue sous le nom de *Morro de Mejillones*, dont la masse est composée de roches granitoïdes et syénitiques, traversées par des dykes de roches feldspathiques compactes ou porphyroïdes. Le dépôt de guano qui entoure cette montagne n'a environ que 50^m de largeur; sa puissance en profondeur est très variable. Il repose ordinairement sur des bancs de roches désagrégées et remaniées, dont on désigne deux espèces principales sous les noms de *tosca* et *ripio*. La tosca est tantôt une roche analogue au kaolin, plus ou moins dure, jaunâtre, tantôt une masse désagrégée, sablonneuse, incohérente, blanche; elle est ordinairement dépourvue de guano et des matières phosphatées. Le ripio, mélangé au contraire de guano, est brunâtre, terreux, chargé de petits fragments anguleux des roches de la montagne. Au milieu de sa masse argileuse, qui a l'aspect d'un guano, on trouve disséminés des rognons de gypse, de phosphate et borophosphate de chaux et de magnésie. Le ripio alterne souvent avec les couches de guano ou le recouvre : c'est une espèce de guano impur. Par suite des éboulements des roches de la montagne, produits pendant l'époque de l'accumulation du guano, et postérieurement à cette époque, on voit de gros blocs de ces mêmes roches au milieu du dépôt du guano, ce qui rend la forme de ce dépôt et son exploitation fort irrégulières.

» La masse principale du guano ordinaire est terreuse, brunâtre, composée de phosphate de chaux, de sel marin, de sulfate de chaux, de matière organique, qui lui donne sa couleur brunâtre, et accidentellement de quelques traces de phosphates de magnésie, d'alumine de fer et de nitrate. Ce guano ne donne à l'essai que 0,002 à 0,003 d'azote. Au milieu de cette masse qui forme l'objet de l'exploitation, on rencontre quelques variétés particulières de guano et quelques espèces minérales qui font l'objet de cette Notice, en l'accompagnant d'échantillons que je destine à l'École des Mines et au Muséum d'Histoire naturelle.

» 1° *Guano en roche*, nommé vulgairement guano *caliche*. C'est une roche dure, compacte, d'un gris plus ou moins foncé, à cassure plate, dans laquelle on distingue quelques particules cristallines. Cette roche, qui ne ressemble aucunement au guano ordinaire, se compose presque complètement de phosphate tribasique de chaux et ne perd que 12 à 13 pour 100 de son poids au grillage.

» 2° Le *guano* qu'on nomme *cristalizado* comprend principalement deux espèces :

» (*a*) *Phosphate double de chaux et de magnésie,* en cristaux implantés sur les parois des cassures naturelles de la roche, ou bien dans l'intérieur des cavités des masses durcies du guano. Les cristaux sont incomplets, oblitérés ou chargés de facettes, mais la forme dominante me paraît appartenir au prisme rectangulaire. Ces cristaux ont toujours un éclat vif, vitreux; ils sont plus ou moins transparents, incolores. Les plus purs m'ont donné à l'analyse :

Magnésie	18,53
Chaux	5,80
Acide phosphorique	40,13
Eau et traces de matières organiques	36,00
	100,46

$$2(CO, MgO)PhO^5 + 6Aq.$$

» (*b*) *Phosphate de magnésie,* fibreux et en cristaux très allongés, de formes pyramidales, terminés par des pointes très aiguës, toujours groupés en faisceaux divergents; éclat vitreux, couleur grisâtre. Ces cristaux se trouvent toujours au milieu des masses terreuses de guano, dont ils se détachent facilement. Les variétés fibreuses ont un éclat soyeux. Le minéral pur, cristallisé, débarrassé de la matière brunâtre qui s'attache à sa surface et d'un peu de sulfate de chaux qui s'y trouve ordinairement mélangé, a la composition $PhO^5, 2MgO$. J'ai trouvé, en effet :

		Théorie.
Acide phosphorique	64,89	63,67
Magnésie	35,11	36,33

» Le minéral, préalablement desséché au bain-marie, subit au grillage une perte de 35 à 36 pour 100 de son poids, dont une partie de matière organique.

» 3° *Borophosphate de magnésie et de chaux.* Ce minéral forme des concrétions, en forme de boules et de rognons, disséminés au milieu des masses terreuses de guano, principalement au milieu du ripio. Ces concrétions, qui rarement dépassent $0^m,05$ à $0^m,06$ en diamètre, sont tendres et tachent les doigts; mais leur intérieur est toujours plus compacte et plus homogène, et résiste au choc du marteau. Le minéral est complètement amorphe, d'un blanc jaunâtre; sur sa cassure plane, on distingue souvent, dans la partie extérieure des rognons, des zones brunâtres, dont la couleur est due à la matière organique du guano. La matière non grillée est facilement soluble dans les acides; mais, si l'on prolonge le grillage, en élevant la température, le résidu résiste à l'action de l'acide nitrique. Au chalumeau, le fragment exposé à une forte chaleur blanchit et se couvre à la surface de petites bulles luisantes, vitreuses. La poussière calcinée au rouge clair dans un creuset de platine ne fait que s'agglomérer et ne se fond pas. On reconnaît la présence de l'acide borique dans ce minéral, aussi facilement par la couleur qu'il communique à la flamme de l'alcool que par la couleur de la flamme de l'hydrogène, en employant la méthode de M. Dieulafait (*Ann. de Chimie et de Physique,* 1877; t. XII, p. 831).

» J'ai trouvé que la matière pure, prise à l'intérieur des rognons, s'en rapproche.

Magnésie	24,38
Chaux	0,14
Acide phosphorique	27,60
Acide borique	6,80
Eau, matière organique	38,30
Alumine et traces de fer	2,30
	99,52

» Le Dr Krutt, chimiste de la Compagnie qui exploite le guano de Mejillones, et à qui je dois la connaissance du minéral, a trouvé, dans un échantillon des borophosphates qu'il a analysés, 11,60 d'acide borique.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la composition des eaux de Cransac (Aveyron).* Note de M. **Ed. Willm.**

« L'eau minérale de Cransac est presque exclusivement composée de sulfates. Elle est caractérisée par la présence de quantités considérables de sulfates d'aluminium et de manganèse, tandis que le fer y fait totalement défaut, quoique ces eaux résultent du lessivage de cendres de pyrites qui sont en combusion depuis des siècles dans diverses parties de la montagne, combustion qui se manifeste à l'extérieur par d'abondantes fumées et des vapeurs acides. L'absence du fer ne peut être attribuée qu'à un contact ultérieur des eaux avec des roches dolomitiques qui précipitent tout le fer et saturent l'acide libre, sans précipiter le manganèse et l'alumine. En même temps que le manganèse, l'eau de Cransac contient un autre métal en quantités appréciables, assez rare dans les eaux minérales, le *nickel*, ainsi que des traces de *zinc*, mais point de cuivre.

» Ces métaux sont très facilement décelés après la précipitation de l'alumine par l'ammoniaque, en ajoutant du sulfure ammonique à la solution ammoniacale. Les sulfures précipités sont ensuite traités par l'acide chlorhydrique, qui dissout les traces de sulfure de zinc, mais laisse le sulfure de nickel. Pour le dosage, celui-ci a été dissous dans l'acide azotique, et le nickel a ensuite été précipité sous forme d'oxyde.

» Le manganèse a été dosé par la méthode de M. Beilstein, qui consiste à ajouter du chlorate de potassium à la solution nitrique bouillante du résidu de l'eau, privée de silice.

» Les analyses que nous donnons ci-après sont très différentes de

celles qui ont été publiées antérieurement. Nous croyons, en conséquence, que ces eaux n'offrent pas une composition très constante, au moins pour la proportion, si ce n'est pour la nature des sels dissous. La comparaison des chiffres obtenus à deux dates différentes en est du reste une preuve.

» Nous ferons encore remarquer l'absence d'arsenic et la prédominance marquée de la potasse sur la soude.

» De deux sources principalement exploitées autrefois, une seule subsiste aujourd'hui : c'est celle qui porte le nom de *source basse Richard;* sa température est de 12°,4. La source haute a disparu par suite de travaux exécutés par la Compagnie d'Orléans ; elle passait pour être fortement ferrugineuse.

Composition de l'eau de la source basse Richard.

	Eau du 15 avril 1879.	Eau du 14 juillet 1879.
	gr	gr
Acide carbonique libre	0,0175 (1)	non déterm.
Sulfate de magnésium	1,7920	1,9985
» de calcium	1,5640	1,5623
» d'aluminium	0,2800	0,1760
» de manganèse	0,0158	0,0704
» de nickel	0,0007	0,0008
» de potassium	0,2230 (potassium et sodium)	0,1446
» de sodium		0,0908
» de lithium	traces (lithium, rubidium, zinc)	traces
» de rubidium		
» de zinc		
Chlorure de sodium	0,0151	0,0161
Silice	0,0790	0,0870
Acides phosphorique et borique	traces	traces
Total par litre	3,9696	4,1465
Poids du résidu observé	3,9820	4,1820

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur le delta pliocène du Rhône à Saint-Gilles (Gard).* Note de M. Collot, présentée par M. Daubrée.

« Depuis plusieurs années je songeais à rapprocher de la description que M. Colladon a donnée de l'ancien delta de l'Arve, sur lequel est bâtie la

(1) Ce dosage a été fait sur place en chassant le gaz par l'ébullition et le recevant dans une solution de chlorure de baryum ammoniacale.

ville de Genève, un fait nettement observable à Saint-Gilles (Gard), dans les terrasses qui encaissent la vallée du Rhône. La Note de M. Desor ([1]) sur les poudingues pliocènes de la Corniche me fournit l'occasion de publier cette observation. Le Rhône n'est pas un torrent coulant dans des gorges de montagnes abruptes et aboutissant à une côte accore, comme les cours d'eau de la Corniche. Nous retrouvons pourtant, vers son ancienne embouchure pliocène, les mêmes faits que signale M. Desor.

» Un poudingue de cailloux, les uns calcaires, les autres siliceux, montre, dans les environs de Saint-Gilles, les mêmes rapports avec les sables pliocènes à *Ostræa undata* et avec les marnes pliocènes fossilifères inférieures à ces derniers, que le poudingue du delta du Var avec les marnes pliocènes des Alpes maritimes. Sous le cimetière de Saint-Gilles, qui domine de près de 30^{m} le cours du Rhône, une surface abrupte laisse voir que ce poudingue est formé de lits alternatifs de cailloux et de sable, minces, très régulièrement stratifiés, inclinés d'environ 30° vers l'aval du Rhône. Ils sont coupés brusquement dans le haut par une ligne presque horizontale, à peine inclinée vers l'aval, sur laquelle des cailloux de même nature, mais plus gros, forment une nappe horizontale. Ces derniers cailloux sont imbriqués, avec leur axe incliné vers l'amont, comme cela se produit sous l'influence des courants.

» C'est bien, dans la partie inférieure, le talus d'éboulement du bord d'un delta en voie de formation; dans la partie supérieure, la couche horizontale complémentaire du delta, qui s'étale par-dessus la position déjà formée, et renferme généralement de plus gros cailloux, comme l'a expliqué M. Colladon. »

M. A. Roiti adresse de Florence une Lettre de laquelle il résulte que l'idée émise par M. *Chambrier* (*Comptes rendus*, séance du 23 février), de creuser le noyau des électro-aimants, en garnissant l'armature d'une monture épousant cette cavité, avait été émise dès 1855 par M. *del Giudice*, et expérimentée par une Commission qui en avait fait l'objet d'un Rapport à l'Institut d'encouragement de Naples, le 19 décembre 1872.

M. G. Aupée adresse une Note relative à l'action de la lumière sur le phosphate de fer en présence de l'acide lactique.

([1]) *Comptes rendus*, même volume, page 324.

M. **Déclat** adresse une Note sur un traitement de la fièvre typhoïde par l'acide phénique et le phénate d'ammoniaque.

M. **H. Milne Edwards**, en présentant, de la part des auteurs, le Tome II des « Archives du Muséum d'Histoire naturelle de Lyon », signale à l'attention de l'Académie deux Mémoires contenus dans ce Volume : 1° une monographie des Invertébrés de la molasse du Lyonnais et du Dauphiné, par M. *Locard;* 2° un Mémoire de MM. *Lortet* et *Chantre* sur les Mastodontes du bassin du Rhône.

M. **Lalanne** présente, au nom de M. l'ingénieur des Ponts et Chaussées *Chemin*, un Ouvrage intitulé « Tramways : construction et exploitation ». Cet Ouvrage se compose de deux Parties distinctes : l'une traduite de l'anglais et due à M. *Kinnear Clark*, membre de l'Institution des Ingénieurs civils de Londres; l'autre, due au traducteur, est un appendice sur les tramways français, leur construction, leur exploitation, le matériel roulant et les machines de traction qui y sont employées.

A 5 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 6 heures un quart. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

Ouvrages reçus dans la séance du 8 mars 1880.

Archives du Muséum d'Histoire naturelle de Lyon; t. II. Lyon, H. Georg, 1879; in-4°. (Présenté par M. Milne Edwards.)

Histoire de l'Anatomie physiologique, pathologique et philosophique; par le Dr A. Burggraeve. 3e édition. Paris, Chanteaud et Cie, 1880; 1 vol. gr. in-8°.

Théorie générale de l'action chimique; par E.-J. Maumené. Paris, Dunod, 1880; in-8°. (Présenté par M. Fremy.)

Tramways : construction et exploitation; par D. Kinnear Clark. Ouvrage

traduit de l'anglais et augmenté d'un *Appendice sur les tramways français*, par M. O. Chemin. Paris, Dunod, 1880; 1 vol. in-8°, avec atlas in-4°. (Présenté par M. Lalanne.)

Recueil de Mémoires de Médecine, de Chirurgie et de Pharmacie militaires; IIIe série, t. XXXV. Paris, V. Rozier, 1879; in-8°.

Recherches sur la mue du bec des oiseaux de la famille des Mormonidés; par le Dr L. Bureau. Paris, F. Savy, 1879; in-8°. (Présenté par M. A. Milne Edwards.)

Observations et lectures d'un médecin de campagne; par le Dr A. Coriveaud. Paris, J.-B. Baillière, 1880; in-8°. (Adressé au Concours Montyon, Médecine et Chirurgie, 1880.)

Résolution générale des équations. Méthode spéciale ou téléologique de H. Wronski, démontrée par A. Bukaty. Paris, Gauthier-Villars, 1878; br. in-4°. (Présenté par M. d'Abbadie.)

Elévation et distribution d'eau. Service des eaux de Versailles, Marly, Meudon et Saint-Cloud; par M. Armengaud. Paris, chez l'Auteur, 1880; br. in-8°.

Remarques sur les fractions périodiques; par M. C.-A. Laisant. Bordeaux, impr. Gounouilhou, 1879; br. in-8°. (Extrait des *Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux*.)

Bulletin du Comité agricole et industriel de la Cochinchine; troisième série, t. I, n° 1, année 1878. Paris, Challamel, 1879; in-8°.

Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux; 2e série, t. III, 3e cahier. Paris, Gauthier-Villars; Bordeaux, Chaumas-Gayet, 1880; in-8°.

Mémoires de l'Académie des Sciences, Inscriptions, Belles-Lettres de Toulouse; 8e série, t. I, 1er et 2e semestres. Toulouse, impr. Douladoure, 1879; 2 vol. in-8°.

Ecimage des jeunes peupliers de la vallée de l'Ourcq; par M. A. Burger. Paris, Librairie agricole, 1878; br. in-8°. (Extrait du *Bulletin de la Société d'Agriculture de Meaux*.)

Le Phylloxera dans le Loiret; par J. Duplessis. Sans lieu ni date; opuscule in-8°. (Extrait des *Annales agronomiques*.)

Matériaux pour l'histoire des temps quaternaires; par A. Gaudry, 2e fascicule. Paris, F. Savy, 1880; in-4°. (Présenté par M. de Quatrefages.)

Nouveau Dictionnaire de Médecine et de Chirurgie pratiques; t. XXVIII, PIL-POI. Paris, J.-B. Baillière, 1880; in-8°.

La médecine du Thalmud ou tous les passages concernant la Médecine, extraits des vingt-un traités du Thalmud de Babylone; par le Dr J. M. Rabbinowicz. Paris, chez l'auteur, rue de Seine, n° 63, 1880; in-8°.

Traité d'Analyse chimique par la méthode volumétrique; par le Dr E. Fleischer, traduit de l'allemand sur la deuxième édition par le Dr L. Gautier. Paris, Savy, 1880; in-8°.

Revues scientifiques publiées par le journal « la République française », *sous la direction de* M. Paul Bert; 2e année. Paris, G. Masson, 1880; in-8°.

Rapport sur l'Exposition universelle. Sylviculture, faune forestière et agricole; par M. Burger. Paris, Librairie agricole, 1879; br. in-8°.

Recherches sur la comète périodique de d'Arrest et détermination des éléments en 1851, 1869 *et* 1877; *par* M. G. Leveau. Sans lieu ni date; in-4°. (Extrait des *Annales de l'Observatoire.*)

Théorie du mouvement de Vesta; par M. G. Leveau. Sans lieu ni date; in-4°. (Extrait des *Annales de l'Observatoire.*)

Publications de la Société française d'Hygiène. Annuaire pour 1880. *Statuts. Bureau. Comités d'études. Liste générale des Membres de la Société.* Paris, au siège de la Société; br. in-8°.

Commission géologique du Canada. Alfred R. C. Selwyn, Directeur : *Rapports des opérations de* 1877-78 (traduction), publié par autorité du Parlement. Montréal, 1879; in-8°, avec cartes.

Archives néerlandaises des Sciences exactes et naturelles, publiées par la Société hollandaise des Sciences à Harlem et rédigées par E.-H. von Baumhauer; t. XIV, livr. 3, 4 et 5. Harlem, les héritiers Loosjes, 1879; 2 livr. in-8°.

United States Commission of fish and fisheries; Part V : *Report of the Commissioner for* 1877. Washington, Government printing Office, 1879; in-8° relié.

Report of the meteorological council to the royal Society for the year ending 31st of march 1879. London, G.-E. Eyre and W. Spottiswoode, 1880; in-8°.

P. G.-St. Ferrari. *Sulle protuberanze e macchie solari osservate nel* 1878 *nell'Osservatorio del Collegio romano. — Riassunto delle ricerche intorno alla relazione fra i massimi e minimi delle macchie solari e le straordinarie perturbazioni magnetiche. — Determinazione dei valori magnetici assoluti. — Sulle protuberanze e le macchie solari osservate nel* 1877 *nell'Osservatorio del Collegio romano.* Roma, 1878-1879; 4 br. in-4°. (Estratto dagli *Atti dell'Accademia pontificia dei Nuovi Lincei.*)

DATES.	TEMPÉRATURE DE L'AIR sous l'ancien abri. Minima.	Maxima.	Moyenne.	Moyenne des 24 heures (nouvel abri).	TEMPÉRATURE DU SOL à la surface du gazon. Minima.	Maxima.	Moyenne.	Moyenne des 5 observ. trihoraires de jour.	à la profondeur de 0m,30 (à midi).	ACTINOMÈTRE.	UDOMÈTRE.	EAU de la terre sans abri. Total en millimètres.	Évaporation en millimètres.	ÉVAPORATION DE L'EAU PURE.	Électricité atmosphérique (sans correction locale).	Ozone en milligrammes.	POUR 100mc D'AIR Acide carbonique en litres.	Azote ammoniacal en milligr.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	d	mm	mm	mm	mm	D	mg	l	mg
1	- 5,3	6,3	0,5	- 0,1	- 6,9	9,9	1,5	1,3	—0,4	22,8	.	47,1	0,0	.	87	0,1	28,2	1,6
2	- 4,4	9,9	2,8	1,6	- 5,0	14,0	4,5	4,1	—0,4	27,8	.	47,2	0,0	.	55	0,0	28,6	1,7
3	- 3,8	6,7	1,5	- 0,5	- 5,4	11,2	2,9	1,9	—0,2	17,3	.	47,2	0,0	.	73	0,1	28,7	1,7
4	- 3,9	7,5	1,8	- 0,3	- 4,0	10,9	3,5	2,2	—0,1	20,0	.	47,2	0,0	.	67	0,1	28,4	1,7
5	(-6,0)	9,7	1,9	0,2	- 6,0	14,3	4,2	3,3	—0,1	25,9	.	47,2	0,0	.	63	0,1	28,7	1,6
6	- 1,9	10,0	4,1	2,9	- 4,2	14,3	5,1	4,8	0,0	27,0	.	47,0	0,2	.	49	0,1	29,0	1,9
7	1,1	6,3	3,7	4,2	- 0,1	6,3	3,1	4,4	0,0	5,0	1,5	47,5	0,9	.	27	0,2	29,3	1,8
8	3,9	8,4	6,2	5,0	3,7	10,1	6,9	5,5	0,1	6,1	3,8	49,5	1,9	.	36	0,8	27,7	1,6
9	0,6	8,7	4,7	3,7	- 0,5	12,2	5,9	5,3	0,1	24,0	0,0	48,8	0,7	.	50	1,0	26,4	1,9
10	- 0,4	8,5	4,1	3,9	- 1,6	12,6	5,5	4,7	0,1	11,0	5,9	51,6	3,1	.	93	0,8	26,7	2,1
11	4,3	6,1	5,2	4,7	4,0	7,7	5,9	5,5	0,1	6,5	9,0	58,7	1,9	.	66	.	.	1,5
12	0,6	6,2	3,4	3,3	0,0	6,3	3,2	3,2	0,2	5,0	2,9	60,3	1,3	.	54	1,3	26,4	1,8
13	1,0	8,9)	5,0	3,3	- 2,0	16,2	7,1	5,3	0,2	18,4	0,0	60,4	0,0	.	64	1,5	.	1,5
14	- 0,5	8,0(	3,8	3,3	- 2,8	12,0	4,6	4,9	0,2	17,8	.	59,6	0,8	.	54	0,7	26,0	2,4
15	2,5	13,1	7,8	6,7	2,1	16,1	9,1	9,1	0,3	30,4	0,5	58,6	1,5	1,7	48	0,9	27,0	2,5
16	6,4	12,6	9,5	9,2	5,7	12,8	9,3	9,8	2,2	9,6	4,1	61,2	1,5	2,3	27	1,0	27,2	2,1
17	9,0	11,5	10,3	8,7	8,4	11,8	10,1	8,4	3,9	6,7	3,6	63,1	1,7	2,6	29	0,6	25,7	1,6
18	3,9	13,2	8,6	8,2	3,4	17,4	10,4	(10,0)	4,2	(17,0)	0,4	62,5	1,0	1,7	(21)	0,4	25,5	2,1
19	8,9	16,0	12,5	11,4	7,0	18,2	12,6	12,4	5,3	11,5	1,7	61,8	2,4	4,4	29	0,7	27,8	1,6
20	8,1	14,7	11,4	10,4	7,0	17,1	12,1	11,5	6,1	21,0	1,1	60,8	2,0	4,2	16	1,3	28,4	.
21	7,5	13,7	10,6	9,5	6,6	18,0	12,3	10,7	6,4	17,8	2,9	62,1	1,6	2,7	23	1,1	.	.
22	6,6	10,6	8,6	7,1	6,0	15,9	11,0	8,2	6,6	9,8	1,3	63,0	1,4	1,0	46	1,0	27,1	1,9
23	2,5	7,0	4,8	4,5	0,6	8,9	4,8	5,0	5,9	4,9	0,0	(62,6)	(0,4)	1,1	44	1,5	27,2	1,8
24	des	cen	dante	3,2	3,2	5,8	4,5	3,4	5,5	2,1	0,2	61,6	1,2	1,8	36	0,1	27,2	1,4
25	0,0	1,4	0,7	0,4	0,2	2,8	1,5	1,0	4,5	3,0	.	61,3	0,3	.	44	0,0	27,1	1,4
26	- 1,1	5,0	2,0	2,2	- 0,6	8,6	4,0	3,4	4,0	10,0	0,0	61,0	0,4	.	40	0,0	28,3	1,7
27	0,7	8,2	4,5	3,6	- 0,8	16,8	8,0	6,3	3,7	27,8	.	60,2	0,7	.	58	0,9	28,0	1,5
28	1,1	10,7	5,9	6,3	- 0,5	15,8	7,7	7,0	3,9	10,6	0,0	58,7	1,5	1,8	32	1,5	28,8	1,7
29	6,8	10,6	8,7	8,2	6,2	12,7	9,5	9,1	4,9	9,9	0,0	57,4	1,3	2,0	24	1,4	29,0	1,7
1e déc.	- 2,0	8,2	3,1	2,1	- 3,0	11,6	4,3	3,8	—0,1	18,7	11,2	48,0	6,8	.	60	0,3	28,2	1,8
2e déc.	4,4	11,0	7,7	6,9	3,3	13,6	8,4	8,0	2,3	14,4	23,4	60,7	14,1	.	41	0,9	26,8	1,9
3e déc.	3,0	8,4	5,7	5,0	2,3	11,7	7,0	6,0	5,0	10,7	4,3	60,9	8,8	.	38	0,8	27,8	1,6
Mois..	1,7	9,2	5,4	4,6	0,8	12,3	6,6	5,9	2,3	14,7	38,9	56,4	29,7	.	47	0,7	27,7	1,8

Baromètre à midi réduit à zéro (alt. 77m,5).	MAGNÉTOMÈTRES à midi.			VENTS.			PSYCHROMÈTRE.	
	Déclinaison.	Inclinaison.	Composante horizontale.	Vitesse moyenne en kilomètres par heure.	Direction dominante à terre.	Direction des nuages (k désigne les cirrus).	Tension de la vapeur.	Humidité relative.
(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)
mm	° ′	° ′		km			mm	
764,9	16.53,9	65.28,3	.	5,6	NNE puis SE	.	4,5	91
766,2	54,2	27,9	.	7,5	S¼SE	.	4,9	84
767,9	53,7	28,2	.	2,6	Incertaine	.	4,5	94
765,8	51,0	29,5	.	2,8	WNW puis SSW	.	4,5	90
761,3	53,0	28,4	.	9,3	S	.	4,6	88
758,1	54,5	28,3	.	12,0	S¼SE	.	4,9	78
752,9	53,5	29,6	.	19,3	S	.	6,1	96
745,7	53,0	29,4	.	18,3	SSE à S et W	S à W	6,4	91
745,8	53,9	29,7	.	23,7	SSE à SSW	SSW	5,4	83
742,9	53,6	29,5	.	13,0	S à E et NE	SW k	5,6	90
746,8	51,7	30,6	.	8,3	S à W et NW	NW	6,6	99
754,9	52,4	30,6	.	15,3	SSW	.	5,9	97
762,6	54,8	29,9	.	7,5	Variable	WNW	5,4	85
756,4	55,1	30,5	.	13,5	SSE	SW k	5,0	82
751,4	57,9	29,6	.	14,6	SSE	SSW	6,5	82
738,3	52,5	29,7	.	26,3	SSE	SSW	7,8	85
737,3	53,4	29,9	.	23,3	SSW	SW	7,8	91
746,3	53,8	29,6	.	28,3	SSW	SW	(7,0)	(77)
747,2	53,1	29,3	.	41,3	SSW	WSW	7,2	67
749,4	56,2	28,5	.	37,8	SW	WSW	6,7	68
754,6	53,2	29,5	.	22,3	SW	WSW	7,1	74
750,1	53,3	29,2	.	10,7	SW à NW	NW	6,8	87
752,8	53,6	30,8	.	12,0	NW	W à N	5,6	86
758,9	52,6	30,1	.	22,2	N¼NE	NNE	4,9	83
766,4	53,0	30,0	.	13,3	NW à NE	.	4,1	85
757,8	55,5	29,8	.	16,4	WSW	W	5,0	91
754,4	55,4	29,3	.	14,8	WNW à SW	NW k	4,9	78
750,0	55,8	28,4	.	25,7	SW	.	6,2	84
751,6	53,6	28,1	.	18,5	W à S	W¼SW	6,7	80
757,2	16.53,4	65.28,9	.	11,4	.	.	5,1	88
749,1	54,1	29,8	.	21,6	.	.	6,6	83
755,2	54,0	29,9	.	17,3	.	.	5,7	83
753,7	16.53,8	65.29,4	.	16,8	.	.	5,8	85

REMARQUES. (30)

Le 1er, forte gelée blanche, assez beau. Le 2, brouillard assez dense le matin, puis beau. Le 3, brouillards denses persistants, très épais le soir; *maximum barométrique de* 768,2 *vers* 10 h. Le 4, brouillards le matin, beau ciel le soir, petit verglas la nuit. Le 5, beau temps après brouillard modéré le matin, givre et verglas la nuit. Le 6, ciel peu nuageux. Le 7, continuellement pluvieux depuis 8 h. du matin ainsi que le lendemain 8, mais principalement ce dernier jour entre 1 h. 30 et 8 h. et de 12 h. 45 à 15 h. Un temps d'arrêt dans la baisse barométrique : oscillation d'un caractère orageux dont l'effet est de relever momentanément la pression de 744,6 à 750,7 le 8 entre 7 h. et 21 h. Le 9, ciel très nuageux, variable à la pluie. Le 10, gelée blanche le matin, pluie assez forte de 16 h. 15 à 19 h. 30, *minimum barométrique de* 8 *h. à* 9 *h. du soir* = 739,6.

Le 11, continuellement pluvieux, surtout de 1 h. 30 à 8 h. 30 et de 11 h. 30 à 14 h.; intermittences de brouillards ou bruine. Le 12, rosée le matin, pluie de 11 h. à 15 h. Le 13, gelée blanche le matin, suivie d'un peu de pluie; *maximum barométrique de* 762,7 *vers* 11 h. 30. Le 14, gelée blanche le matin, ciel très nuageux. Le 15, pluie faible avant le jour. Le 16, temps de bourrasques, pluies intermittentes, notamment de 0 h. à 3 h. Le 17, temps de bourrasques, pluies intermittentes, notamment de 6 h. à midi; *minimum barométrique de* 734,3 *vers* 1 *h.* 20 *du matin*. Le 18, pluvieux le matin et vers le soir. Le 19, temps de bourrasques, pluie le soir et surtout de 17 h. 30 à 20 h. 30. Le 20, temps de bourrasques, soirée pluvieuse et notamment de 18 h. 30 à 21 h.

Le 21, temps de bourrasques et pluies faibles intermittentes après averse entre 0 h. et 1 h. Le 22, journée pluvieuse, principalement de 10 h. 30 à 11 h. Le 23, pluvieux dans la matinée après rosée. Le 24, pluie fine avant le jour. Le 25, uniformément couvert et brumeux; *maximum barométrique de* 766,6 *à* 11 *h.* 30. Le 26, gouttes de pluie dès 15 h. Le 27, halo, gelée blanche le matin. Le 28, gouttes de pluie par intervalles, l'après-midi et le soir. Le 29, gouttes de pluie plus rares.

Moyennes horaires du mois de février 1880.

Heures.	Hauteurs du baromètre à 0°.	Température de l'air à l'ombre.	Température gazon (sans abri).	Degré actinométrique.	Psychromètre. Tension de la vapeur d'eau.	Psychromètre. Degré hygrométrique.	Évaporation de l'eau pure.	Pluie.	Variation du poids du sol sans abri.	Vitesse du vent.	Électricité atmosphérique (sans correct. locale).	Déclinaison de l'aiguille aimantée.	Inclinaison de l'aiguille aimantée.	Composante horizontale.
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
h.	mm	o	o	o	mm			mm	mm	km	Dll	o ′	o ′	
Mat. 1	753,98	3,21	»	»	»	»	»	2,65	.	14,9	»	»	»	.
2	53,92	3,11	»	»	»	»	»	1,25	.	14,2	»	»	»	.
3	53,80	2,89	»	»	»	»	»	1,50	1,85	14,2	»	»	»	.
4	53,59	2,83	»	»	»	»	»	2,85	.	15,5	»	»	»	.
5	53,57	2,65	»	»	»	»	»	2,95	.	15,2	»	»	»	.
6	53,58	2,52	2,27	0,00	5,27	92,3	(9,73)	1,30	3,12	15,4	44,9	16.48,0	65.29,3	.
7	53,63	2,47	»	»	»	»	»	1,70	.	14,9	»	»	»	.
8	53,80	2,69	»	»	»	»	»	2,60	.	15,7	»	»	»	.
9	53,89	3,52	(4,62)	(15,97)	(5,61)	(90,2)	2,41	1,85	3,68	16,3	(43,8)	(47,9)	29,6	.
10	53,92	4,53	»	»	»	»	»	1,60	.	17,2	»	»	»	.
11	53,94	5,01	»	»	»	»	»	3,00	.	19,7	»	»	»	.
Midi.	53,75	6,40	8,86	35,25	6,16	82,0	3,72	1,35	5,05	20,1	43,1	53,8	29,4	.
Soir. 1	53,43	7,20	»	»	»	»	»	1,50	.	20,0	»	»	»	.
2	53,18	7,87	»	»	»	»	»	2,05	.	20,2	»	»	»	.
3	53,06	7,88	9,31	22,36	6,12	75,7	6,47	0,80	7,93	20,0	42,7	53,2	29,0	.
4	53,01	7,54	»	»	»	»	»	0,20	.	18,9	»	»	»	.
5	53,19	6,63	»	»	»	»	»	1,60	.	17,6	»	»	»	.
6	53,37	5,70	4,63	0,00	5,97	85,0	5,03	0,95	3,69	15,8	58,7	50,6	29,2	.
7	53,48	5,23	»	»	»	»	»	4,20	.	16,3	»	»	»	.
8	53,54	4,74	»	»	»	»	»	1,80	.	16,6	»	»	»	.
9	53,61	4,42	»	»	»	»	»	0,60	3,19	15,3	»	»	»	.
10	53,60	4,26	»	»	»	»	»	0,25	.	15,5	»	»	»	.
11	53,57	4,06	»	»	»	»	»	0,05	.	16,3	»	»	»	.
Minuit.	53,55	3,82	»	»	»	»	»	0,30	1,17	16,4	»	»	»	.
Totaux.	»	»	»	»	»	»	(27,36)	38,85	29,68	»	»	»	»	.
Moy...	753,58	4,63	5,94	14,72	5,83	85,0	»	.	.	16,8	46,6	»	»	.

Remarques. (45)

Les résultats de chacune des colonnes (2), (3), (4), (6), (7), (8), (9), (10), (11), (16), (22), (23), (24), (28), (29), (33), (34), (35), (36), (37), (41), (42), (43), (44), sont fournis par l'observation directe.

Les nombres des colonnes (12) et (38) sont empruntés aux mesures directes trihoraires réparties heure par heure d'après les indications de l'atmographe.

La moyenne diurne des colonnes (28) et (29) est calculée sur les cinq observations diurnes de 6 h. du matin à 6 h. du soir.

Les valeurs en direction de la force magnétique sont ramenées à la fortification du bastion n° 82.

(5) (13) (14) (21) (25) (31) (32) (39) (40). Résultats fournis par les enregistreurs relevés d'heure en heure.

(15) (37). Résultats fournis par l'évaporomètre Piche.

Le total de chaque jour est celui des vingt-quatre heures commençant à 6h du soir la veille. Le résultat mensuel de 6h du matin donné entre parenthèses comprend l'évaporation totale de la nuit. Il n'y est entré que douze jours.